

КИЇВ – 2026 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

ДОЦ., К.Т.Н. _____ **Окушко О.В.**
 _____ (ПІБ)
 „_____” 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Пчелянському Максиму Вікторовичу

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Проектні рішення зрозроблення енергозберігаючого освітлення для тапашника на 20000 голів», затверджена наказом ректора НУБіП України від 30 жовтня 2025 р., № 2607 „С”. Термін подання завершеної роботи на кафедру: 31.05.2026.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

а) Пташник для утримання курей-несучок на 20000 голів. Розрахунковий рівень верхнього краю клітинної батареї $H = 2,2$ м, який приймається за висоту підвісу світильників. Довжина проходу $A = 96$ м, ширина проходу $B = 1,3$ м. Нормована освітленість на рівні годівниць становить 20 лк при мінімально допустимій освітленості 7 лк та максимально допустимій 35–40 лк. Коефіцієнт, що враховує випаровування вологи з підлоги, обладнання та конструкцій приміщення, $K_1 = 1,14$. Питоме вологовиділення від однієї голови птиці $WB = 5,1$ г/год. Кількість птиці в пташнику – 20000 голів. Відносна вологість повітря в приміщенні – 70 %, зовнішнього повітря – 30 %. Вологовміст повітря при температурі $+16$ °C становить $d_{16} = 13,6$ г/м³, при температурі -20 °C – $d_{-20} = 0,88$ г/м³. Для керування освітленням застосовуються програмовані реле Schneider Electric Acti9 ITA CCT15940 та світлодіодні світильники промислового виконання з можливістю регулювання режимів освітлення.

б) Законодавчі та нормативно-правові акти України у сфері електроенергетики, енергозбереження, охорони праці, пожежної безпеки та екологічної безпеки.

в) Нормативні документи з проєктування електричних мереж і систем електропостачання, Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС), державні будівельні норми та галузеві стандарти.

г) Довідково-інформаційні матеріали, технічні каталоги Schneider Electric, світлотехнічного та вентиляційного обладнання, довідники з електропостачання, електротехніки, птахівництва та енергоефективних технологій.

Перелік питань, які необхідно розробити:

1) Проаналізувати особливості систем освітлення в пташниках.

2) Розробити енергозберігаючу систему освітлення пташника на основі обладнання Schneider Electric, виконати світлотехнічні розрахунки, обґрунтувати використання кольорового освітлення, здійснити розрахунок електричної мережі живлення освітлення та вибір апаратів захисту.

3) Розрахувати та вибрати силове електрообладнання пташника.

4) Розглянути питання безпеки життєдіяльності та екологічної безпеки роботи пташника.

5) Виконати розрахунок капітальних витрат на впровадження енергоефективної системи освітлення в пташнику.

Перелік графічних документів:

1) Схема підключення та органи керування реле Schneider Electric Acti9 ITA SST15940.

2) Схема освітлення пташника та геометричні розміри приміщення.

3) План електроосвітлення пташника.

4) Розрахунково-монтажна схема електропостачання пташника.

Дата видачі завдання 30.10.2025

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

_____ Васюк В.В.

Завдання прийняв до виконання

_____ Пчелянський М.В.

[illegible]

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИКАХ	10
1.1. Аналіз систем освітлення в пташниках	10
1.2. Елементи режиму освітлення	12
1.3. Типи режимів освітлення	14
1.4. Переваги та недоліки джерел світла	16
1.5. Система управління освітленням	18
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПТАШНИКА	20
2.1. Система управління освітленням	24
2.3. Світлотехнічні розрахунки	28
2.4. Обґрунтування кольорового освітлення	31
2.5. Розрахунок електричної мережі живлення освітлення пташника	33
2.5.1. Вибір способу прокладки кабелів і проводів	34
2.5.2. Вибір місць установки освітлювальних щитків вимикачів	36
2.5.3. Вибір та розрахунок групових освітлювальних мереж	37
2.6. Розрахунок перерізу проводів і кабелів та вибір апаратури захисту	38
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПТАШНИКА	45
3.1. Розрахунок і вибір електросилового обладнання	45
3.2. Розрахунок та вибір електричних двигунів	52
3.3. Розрахунок силової мережі	56
3.4. Вибір комутаційно-захисної апаратури	58

3.5. Вибір розподільчих пристроїв електросилової мережі	60
3.6. Розрахунок потужності на вводі	61
3.7. Розрахунок резервного електроживлення.....	64
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РОБОТИ В ПТАШНИКУ	67
4.1. Підбір кількості та розміщення первинних засобів пожежогасіння	68
4.2. Розробка і розрахунок заземлюючого пристрою	69
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ ПРИ УСТАНОВЦІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИК.....	72
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу України нерозривно пов'язаний із впровадженням енергоефективних технологій та раціональним використанням паливно-енергетичних ресурсів. В умовах постійного зростання вартості електричної енергії, підвищення вимог до якості продукції тваринництва та необхідності забезпечення конкурентоспроможності виробництва особливої актуальності набувають питання модернізації інженерних систем сільськогосподарських підприємств. Однією з таких систем є освітлення, яке безпосередньо впливає як на технологічні процеси виробництва, так і на рівень енергоспоживання об'єкта.

Освітлювальні установки належать до найбільш поширених електротехнічних систем виробничих приміщень. Їх основним призначенням є створення необхідних умов для виконання технологічних процесів, забезпечення безпечної роботи персоналу та підтримання оптимальних параметрів виробничого середовища. Для об'єктів агропромислового комплексу освітлення має додаткове значення, оскільки виконує функцію регулювання біологічних процесів у тварин і птиці. Саме тому до проєктування освітлювальних установок у тваринницьких і птахівничих приміщеннях висуваються підвищені вимоги щодо надійності, енергоефективності та відповідності технологічним потребам виробництва.

Особливе місце серед підприємств аграрного сектору займають птахівничі господарства [1,2]. Виробництво яєць і м'яса птиці є одним із найбільш розвинених напрямів тваринництва, що потребує високого рівня механізації, автоматизації та ефективного використання енергетичних ресурсів. У сучасних промислових пташниках птиця утримується переважно в закритих приміщеннях, де параметри мікроклімату, вентиляції, температурного режиму та освітлення підтримуються штучно. За таких умов світловий режим стає одним із визначальних факторів забезпечення високої продуктивності поголів'я.

Науковими дослідженнями встановлено, що тривалість світлового дня, рівень освітленості та спектральний склад світлового випромінювання суттєво впливають на фізіологічний стан птиці. Від правильно організованого освітлення залежать

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

інтенсивність споживання кормів, темпи росту молодняка, несучість курей, якість яєць, рівень стресу та загальний стан поголів'я. Недостатній рівень освітленості або неправильно обраний режим роботи освітлювальної установки можуть призвести до погіршення виробничих показників і збільшення експлуатаційних витрат підприємства.

Важливим завданням сучасного птахівництва є забезпечення оптимального світлового середовища при одночасному зменшенні витрат електричної енергії. Традиційні джерела світла, зокрема лампи розжарювання, характеризуються низькою світловою віддачею та значними втратами електроенергії. Їх використання призводить до підвищення експлуатаційних витрат та збільшення навантаження на систему електропостачання підприємства. У зв'язку з цим все більшого поширення набувають світлодіодні технології [3,9] , які дозволяють суттєво знизити споживання електричної енергії без погіршення якісних показників освітлення.

Світлодіодні джерела світла мають низку переваг порівняно з традиційними освітлювальними приладами. До них належать висока світлова ефективність, тривалий термін служби, механічна міцність, низькі витрати на технічне обслуговування, можливість плавного регулювання світлового потоку та формування необхідного спектрального складу випромінювання. Завдяки цим властивостям світлодіодне освітлення є перспективним напрямом модернізації електротехнічного обладнання птахівничих підприємств.

Додатковий ефект енергозбереження забезпечується використанням автоматизованих систем керування освітленням. Такі системи дозволяють реалізувати задані програми зміни освітленості залежно від віку птиці, часу доби та технологічних вимог виробництва. Автоматизація процесів керування освітленням забезпечує підтримання стабільного світлового режиму, знижує вплив людського фактора та сприяє більш ефективному використанню електроенергії.

Актуальність теми бакалаврської кваліфікаційної роботи обумовлена необхідністю підвищення енергоефективності систем освітлення пташників шляхом впровадження сучасних світлодіодних джерел світла та автоматизованих засобів керування освітленням. Реалізація таких технічних рішень дозволяє

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

забезпечити нормативні параметри світлового середовища, створити комфортні умови для утримання птиці та знизити витрати на електропостачання виробництва.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення енергозберігаючої системи освітлення пташника на 20000 голів із застосуванням сучасних світлодіодних світильників та автоматизованих засобів керування освітленням для підвищення енергоефективності виробництва та забезпечення необхідних технологічних умов утримання птиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз особливостей систем освітлення, які застосовуються у сучасних пташниках;
- дослідити вплив параметрів освітлення на продуктивність та фізіологічний стан птиці;
- обґрунтувати вибір сучасних енергоефективних джерел світла та системи керування освітленням;
- виконати світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки пташника;
- здійснити розрахунок електричної мережі живлення освітлення та вибір апаратів захисту;
- виконати розрахунок і вибір силового електрообладнання пташника;
- розглянути питання охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки під час експлуатації електроустановок;
- визначити економічну ефективність запропонованих технічних рішень та розрахувати капітальні витрати на їх впровадження.

Об'єктом дослідження є система штучного освітлення промислового пташника на 20000 голів.

Предметом дослідження є технічні та енергетичні характеристики енергозберігаючої освітлювальної установки, а також вплив параметрів освітлення на ефективність функціонування птахівничого підприємства.

Практичне значення роботи полягає у розробленні проєктних рішень щодо модернізації системи освітлення пташника, які забезпечують зниження споживання електричної енергії, підвищення надійності роботи електротехнічного обладнання та створення оптимальних умов утримання птиці.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТА ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИКАХ

1.1. Аналіз систем освітлення в пташниках

Сучасне промислове птахівництво є однією з найбільш технологічно розвинених галузей аграрного виробництва. Основним завданням птахофабрик є забезпечення стабільного виробництва яєць та м'яса птиці при мінімальних витратах енергетичних і матеріальних ресурсів. Досягнення високих виробничих показників можливе лише за умови підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, серед яких важливе місце займає система освітлення.

На сучасних птахівничих підприємствах застосовуються різні технології вирощування та утримання птиці. Залежно від спеціалізації господарства виробничий цикл може бути повним або неповним. При повному циклі підприємство здійснює всі технологічні операції, починаючи від отримання інкубаційних яєць і завершуючи виробництвом товарної продукції. На великих птахофабриках процес оновлення поголів'я здійснюється поетапно, що дозволяє забезпечити безперервне виробництво продукції протягом року.

До складу сучасного птахівничого комплексу входять інкубаторії, приміщення для вирощування молодняка, пташники для утримання промислового стада, кормоцехи, забійні та переробні відділення. Робота всіх цих об'єктів потребує надійного електропостачання та ефективних систем освітлення. Особливо важливим освітлення є для пташників, де світлове середовище безпосередньо впливає на фізіологічний стан птиці та її продуктивність.

На відміну від більшості виробничих приміщень, де освітлення забезпечує насамперед комфортні умови праці персоналу, у пташниках воно виконує також технологічну функцію. Світло впливає на активність птиці, споживання корму та води, швидкість росту молодняка, статеве дозрівання і продуктивність несучок. Саме тому система освітлення розглядається як один із засобів керування технологічним процесом.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При проєктуванні освітлювальних установок необхідно враховувати декілька основних параметрів: рівень освітленості, тривалість світлового дня, спектральний склад випромінювання та рівномірність розподілу світла у приміщенні. Важливим завданням є створення таких умов, за яких птиця матиме можливість вільно знаходити корм і воду, рівномірно розподілятися по площі пташника та перебувати у комфортному фізіологічному стані.

Тривалість світлового дня є одним із головних факторів регулювання продуктивності птиці. У перші дні вирощування молодняка тривалість освітлення може досягати 22–23 годин на добу. У подальшому вона поступово скорочується відповідно до технологічної програми вирощування. Після досягнення фізіологічної зрілості тривалість світлового дня збільшують для стимулювання початку яйцекладки та підтримання високої продуктивності несучок.

Важливим показником є також освітленість. Практика експлуатації птахівничих комплексів показує, що надмірно висока освітленість може викликати агресивну поведінку птиці та збільшення випадків травматизму, тоді як недостатній рівень освітлення негативно впливає на споживання кормів і загальну продуктивність стада. Для молодняка в перші дні вирощування рекомендується освітленість 30–40 лк із поступовим зниженням до 5–10 лк у подальшому. Для дорослих курей-несучок зазвичай застосовують освітленість у межах 10–15 лк, залежно від технології утримання та рекомендацій виробника обладнання [2,19].

Окрім освітленості та тривалості світлового дня, важливе значення має спектральний склад випромінювання. Дослідження показують, що птиця сприймає світло інакше, ніж людина, тому зміна кольору освітлення може впливати на її поведінку та продуктивність. Світло синього спектра сприяє заспокоєнню птиці, синьо-зелене стимулює ріст молодняка, а червоно-помаранчеве позитивно впливає на репродуктивні функції та несучість. Саме тому сучасні світлодіодні системи дозволяють реалізовувати різні світлові сценарії залежно від віку та виробничого призначення птиці.

Не менш важливим фактором є плавність зміни освітлення. Різке ввімкнення або вимкнення світильників може викликати стрес у птиці та негативно вплинути на її поведінку. Тому в сучасних системах освітлення широко застосовуються

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

пристрої плавного регулювання яскравості, які імітують природний схід і захід сонця.

Аналіз сучасних систем освітлення показує, що найбільш перспективним напрямом є використання світлодіодних джерел світла та автоматизованих систем керування освітленням. Такі рішення дозволяють забезпечити необхідні параметри світлового середовища, підвищити продуктивність поголів'я та суттєво зменшити витрати електричної енергії. Саме тому під час розроблення енергозберігаючої системи освітлення для пташника доцільно орієнтуватися на сучасні LED-технології та програмовані засоби керування освітлювальними установками.

1.2. Елементи режиму освітлення

Світловий режим є одним із найважливіших технологічних факторів у промисловому птахівництві. Правильно організоване освітлення забезпечує нормальний перебіг фізіологічних процесів в організмі птиці, впливає на її поведінку, продуктивність, споживання кормів і води, а також сприяє підтриманню оптимального стану здоров'я поголів'я. Основними елементами світлового режиму є тривалість світлового дня, рівень освітленості, спектральний склад випромінювання та характер зміни освітлення протягом доби [1,2].

Тривалість світлового дня безпосередньо впливає на діяльність ендокринної системи птиці, процеси росту, розвитку та відтворення. Відомо, що зміна тривалості освітлення здатна регулювати початок статевого дозрівання, інтенсивність яйцекладки та загальну продуктивність несучок. Саме тому на сучасних птахофабриках застосовуються спеціальні програми освітлення, які враховують вік птиці та технологію її утримання.

Під час вирощування молодняка тривалість світлового дня, як правило, поступово скорочується від максимальних значень у перші дні життя до нормативного рівня, визначеного технологічним регламентом. Після досягнення фізіологічної зрілості тривалість освітлення поступово збільшується, що стимулює початок яйцекладки та забезпечує стабільну продуктивність поголів'я. Різкі зміни

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

світлового режиму не допускаються, оскільки вони можуть спричинити стресові реакції та негативно вплинути на виробничі показники.

Другим важливим елементом світлового режиму є освітленість. Її значення повинно бути достатнім для нормальної орієнтації птиці в просторі, забезпечення доступу до корму та води, а також реалізації природної поведінки. Водночас надмірно високий рівень освітленості може викликати агресивність, розкльов та підвищену збудливість поголів'я.

Рівень освітленості визначається залежно від віку та виробничого призначення птиці. Для курчат у перші дні життя зазвичай застосовують освітленість 30–40 лк, що сприяє активному пошуку корму та води. У міру росту молодняка освітленість поступово знижують до 5–10 лк. Для дорослих курей-несучок рекомендовані значення освітленості становлять 10–15 лк, а для племінного поголів'я можуть досягати 15–20 лк [2,19].

У кліткових батареях освітленість різних ярусів може відрізнятися через нерівномірний розподіл світлового потоку. Тому при проєктуванні освітлювальних установок особливу увагу приділяють розташуванню світильників та забезпеченню максимально рівномірного освітлення всієї корисної площі пташника. Важливим завданням є мінімізація зон із недостатньою або надлишковою освітленістю.

Суттєвий вплив на продуктивність птиці має спектральний склад світла. На відміну від людини, органи зору птиці здатні сприймати ширший діапазон випромінювання, тому зміна спектра освітлення може використовуватись як додатковий інструмент керування технологічним процесом. Дослідження показують, що синій спектр сприяє зниженню активності та заспокоєнню птиці, зелений стимулює ріст молодняка, а червоний та помаранчевий позитивно впливають на репродуктивні функції та яйценосність [18,19].

Ще одним важливим елементом світлового режиму є характер зміни освітлення протягом доби. У природних умовах зміна дня і ночі відбувається поступово, тому різке ввімкнення або вимкнення освітлення в пташнику може викликати у птиці стресові реакції, скупчення поголів'я в окремих зонах та підвищення ризику травматизму. Для усунення цих недоліків сучасні системи

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

освітлення оснащуються пристроями плавного регулювання яскравості, які забезпечують імітацію світанку та заходу сонця.

Ефективність світлового режиму значною мірою залежить від технічних характеристик використовуваних джерел світла. Сучасні світлодіодні світильники дозволяють не лише забезпечувати необхідний рівень освітленості, але й реалізовувати складні програми керування світловим потоком, змінювати спектральний склад випромінювання та знижувати витрати електроенергії. Завдяки цьому вони є найбільш перспективним рішенням для застосування в сучасних птахівничих господарствах.

Отже, до основних елементів світлового режиму належать тривалість світлового дня, освітленість, спектральний склад світла та спосіб регулювання освітлення. Раціональне поєднання цих факторів дозволяє створити оптимальні умови утримання птиці, забезпечити високу продуктивність поголів'я та підвищити енергоефективність роботи птахівничого підприємства.

1.3. Типи режимів освітлення

У сучасному промисловому птахівництві застосовуються різні режими освітлення, вибір яких залежить від виду птиці, її віку, виробничого призначення та технології утримання. Основною метою використання певного режиму освітлення є створення оптимальних умов для росту, розвитку та забезпечення високої продуктивності поголів'я при мінімальних витратах електричної енергії.

Умовно всі режими освітлення можна поділити на дві основні групи: режими з безперервним світловим періодом та режими переривчастого освітлення [1, 2, 19].

Режим із безперервним світловим періодом передбачає один світловий і один темновий інтервал протягом доби. Такий режим є найбільш простим у реалізації та широко застосовується при вирощуванні молодняка і утриманні курей-несучок. Його перевагою є стабільність умов утримання та простота керування освітлювальною установкою. Проте тривале використання постійного освітлення не завжди забезпечує максимальну ефективність використання кормів та енергоресурсів.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для підвищення продуктивності та зниження витрат електроенергії на багатьох птахофабриках застосовують режими переривчастого освітлення. Особливістю таких режимів є чергування декількох світлових і темнових періодів протягом доби. Залежно від співвідношення тривалості світлих і темних інтервалів розрізняють асиметричні та симетричні режими освітлення.

При асиметричному режимі найбільший темновий період виконує роль умовної ночі, а наступний за ним світловий інтервал сприймається птицею як початок нового дня. Короткочасні періоди темряви між основними світловими інтервалами практично не впливають на біологічні ритми птиці. Завдяки цьому вдається забезпечити синхронізацію фізіологічних процесів та більш рівномірний режим яйцекладки в стаді.

Перевагою асиметричного режиму є можливість зменшення енергоспоживання без істотного зниження продуктивності птиці. Крім того, такий режим сприяє кращому використанню кормів та забезпечує більш стабільний добовий ритм життєдіяльності поголів'я.

Симетричний режим переривчастого освітлення характеризується чергуванням світлових і темнових інтервалів однакової або близької тривалості. У цьому випадку птиця не може чітко визначити межу між умовним днем і ніччю. У результаті спостерігається певна десинхронізація фізіологічних процесів та розподіл яйцекладки протягом доби.

Дослідження показують, що застосування симетричних режимів може призводити до деякого зниження загальної несучості, проте водночас сприяє збільшенню маси яєць та покращенню міцності шкаралупи. Тому вибір такого режиму повинен здійснюватися з урахуванням виробничих завдань конкретного підприємства.

Останніми роками все більшого поширення набувають програмовані режими освітлення, які реалізуються за допомогою автоматизованих систем керування. Такі системи дозволяють плавно змінювати освітленість протягом доби, імітувати природний схід та захід сонця, а також автоматично коригувати параметри освітлення залежно від віку та продуктивності птиці.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, вибір режиму освітлення є важливим елементом технології утримання птиці. Найбільш ефективними в сучасних умовах вважаються програмовані режими освітлення, які забезпечують оптимальне поєднання продуктивності поголів'я, комфорту утримання та енергоефективності роботи птахівничого підприємства.

1.4. Переваги та недоліки джерел світла

Одним із найважливіших етапів проєктування системи освітлення пташника є вибір джерел світла. Від їх технічних характеристик залежать рівень енергоспоживання, якість освітлення, надійність роботи системи та економічна ефективність експлуатації. Для приміщень птахівничих підприємств особливе значення мають такі показники, як світлова віддача, довговічність, стійкість до підвищеної вологості та агресивного середовища, можливість регулювання яскравості та витрати на обслуговування.

Протягом тривалого часу в птахівництві використовувалися лампи розжарювання. Їх основними перевагами є проста конструкція, низька вартість, відсутність складних пускових пристроїв та можливість плавного регулювання освітленості. Крім того, випромінювання ламп розжарювання має безперервний спектр, близький до природного світла.

Разом з тим лампи розжарювання характеризуються низькою світловою віддачею, яка зазвичай не перевищує 10–15 лм/Вт, та коротким терміном служби. Більша частина споживаної електричної енергії перетворюється на тепло, що значно знижує ефективність їх використання. Саме тому застосування таких ламп у сучасних промислових пташниках є економічно недоцільним.

Наступним етапом розвитку освітлювальних систем стало впровадження люмінесцентних ламп. Порівняно з лампами розжарювання вони забезпечують вищу світлову віддачу, менше споживання електроенергії та триваліший термін експлуатації. Люмінесцентні джерела світла дозволяють отримувати достатній рівень освітленості при менших витратах електроенергії, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Проте використання люмінесцентних ламп у пташниках має низку недоліків. До них належать наявність мерехтіння світлового потоку, чутливість до перепадів напруги, складність регулювання яскравості та необхідність спеціальної утилізації через вміст ртуті. Крім того, в умовах підвищеної вологості та запиленості термін їх служби може суттєво скорочуватися.

Компактні люмінесцентні лампи, які часто називають енергозберігаючими, також певний час використовувалися в сільськогосподарських приміщеннях. Їх перевагами є відносно невелике споживання електричної енергії та можливість вибору колірної температури. Однак такі лампи мають обмежені можливості регулювання світлового потоку, чутливі до частих комутацій та також потребують спеціальної утилізації після завершення терміну експлуатації.

Найбільш перспективним джерелом світла для сучасних птахівничих підприємств є світлодіодні світильники. Вони поєднують високу енергоефективність, тривалий ресурс роботи та можливість реалізації різних режимів освітлення. Світлова віддача сучасних світлодіодних світильників може перевищувати 120–150 лм/Вт, що у декілька разів більше порівняно з традиційними джерелами світла [3, 20].

До основних переваг світлодіодного освітлення належать:

- низьке споживання електричної енергії;
- тривалий термін експлуатації, який може перевищувати 50 000 годин;
- можливість плавного регулювання яскравості;
- широкий вибір спектральних характеристик;
- відсутність мерехтіння світлового потоку;
- висока механічна міцність та стійкість до вібрацій;
- екологічна безпечність і відсутність токсичних речовин;
- мінімальні витрати на технічне обслуговування.

Особливого значення для птахівництва набуває можливість використання світлодіодів різного спектрального складу. Це дозволяє формувати світлове середовище, яке найбільш ефективно впливає на ріст молодняка, поведінку птиці та продуктивність несучок [1,2]. Крім того, сучасні LED-системи легко інтегруються з автоматизованими системами керування освітленням.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

До недоліків світлодіодного освітлення можна віднести вищу початкову вартість обладнання порівняно з традиційними джерелами світла. Проте завдяки значному зниженню споживання електроенергії та мінімальним витратам на обслуговування додаткові капіталовкладення окуповуються протягом відносно короткого періоду експлуатації.

Таким чином, проведений аналіз показує, що найбільш доцільним рішенням для систем освітлення сучасних пташників є застосування світлодіодних світильників. Вони забезпечують необхідні параметри освітлення, дозволяють реалізувати програмовані режими роботи та забезпечують максимальний рівень енергоефективності порівняно з іншими джерелами світла.

1.5. Система управління освітленням

Ефективність роботи освітлювальної установки визначається не лише характеристиками джерел світла, але й системою керування освітленням. У сучасному птахівництві освітлення розглядається як один із технологічних інструментів впливу на продуктивність птиці, тому підтримання заданих параметрів світлового режиму має здійснюватися автоматично та з високою точністю. Основним завданням системи керування освітленням є забезпечення необхідної тривалості світлового дня, рівня освітленості та послідовності зміни режимів роботи відповідно до технологічних вимог утримання птиці. Автоматизація процесу керування дозволяє виключити вплив людського фактора, забезпечити стабільність параметрів освітлення та підвищити енергоефективність роботи підприємства. До складу сучасної системи керування освітленням можуть входити програмовані реле часу, контролери, датчики освітленості, димери, комутаційна апаратура та виконавчі пристрої. Робота всіх елементів системи спрямована на підтримання заданого режиму освітлення протягом усього виробничого циклу. Особливого значення в птахівництві набуває можливість плавного регулювання освітленості. Різке ввімкнення або вимкнення світла викликає занепокоєння птиці, може призводити до її скупчення в окремих зонах приміщення та підвищення ризику травматизму. Застосування програмованих

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

систем керування дозволяє реалізувати поступове збільшення або зменшення яскравості освітлення, імітуючи природний світанок та захід сонця. Залежно від способу організації освітлення розрізняють загальне, локалізоване та комбіноване освітлення. У пташниках найчастіше використовується загальне рівномірне освітлення, яке забезпечує однакові умови утримання птиці по всій площі приміщення. Такий підхід сприяє рівномірному розподілу поголів'я, покращує доступ до кормів та поїлок і позитивно впливає на продуктивність стада.

Локалізоване освітлення застосовується переважно у виробничих приміщеннях, де необхідно забезпечити підвищену освітленість окремих робочих зон. Комбіноване освітлення поєднує переваги загального та місцевого освітлення і використовується на об'єктах із різними технологічними процесами. Для забезпечення безпечної та надійної роботи освітлювальних установок також передбачаються системи захисту від коротких замикань, перевантажень та аварійних режимів. Вони забезпечують захист електрообладнання, підвищують надійність роботи системи та знижують ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій. У сучасних енергоефективних системах освітлення широко використовуються світлодіодні світильники, які легко інтегруються з програмованими пристроями керування. Поєднання LED-технологій та автоматизованих засобів управління дозволяє реалізувати складні програми освітлення, забезпечити високу точність регулювання та суттєво скоротити споживання електричної енергії.

Одними з провідних виробників обладнання для автоматизації систем освітлення є компанії Schneider Electric, Siemens, ABB та інші. Їхні програмовані реле та контролери широко застосовуються в промислових і сільськогосподарських електроустановках завдяки високій надійності, простоті налаштування та широким функціональним можливостям.

З огляду на необхідність реалізації програмованого світлового режиму для пташника, у подальшому проєкті доцільно використати обладнання Schneider Electric, яке дозволяє автоматизувати процес керування освітленням, забезпечити плавну зміну освітленості та підтримувати необхідні параметри роботи освітлювальної установки відповідно до технологічних вимог виробництва.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПТАШНИКА

Численні дослідження у галузі промислового птахівництва підтверджують, що одним із найважливіших факторів, які впливають на фізіологічний стан та продуктивність птиці, є тривалість світлового дня. Світловий режим бере участь у регулюванні обмінних процесів, впливає на активність птиці, споживання кормів, розвиток репродуктивної системи та рівень яйценосності. Зі збільшенням тривалості освітлення активізуються життєві функції організму, що сприяє інтенсивнішому росту молодняка та підвищенню продуктивності дорослого поголів'я.

Для забезпечення стабільних виробничих показників на сучасних птахофабриках широко застосовується штучне освітлення, яке дозволяє повністю контролювати параметри світлового середовища незалежно від природних умов. Саме тому у більшості промислових пташників використовується безвіконне виконання приміщень, що дає можливість реалізувати необхідні програми освітлення та підтримувати оптимальні умови утримання птиці протягом усього виробничого циклу.

Практичний досвід експлуатації птахівничих підприємств показує, що різкі зміни тривалості світлового дня негативно впливають на продуктивність курей-несучок. Для досягнення максимального ефекту коригування режиму освітлення повинно здійснюватися поступово, з урахуванням віку птиці та стадії її розвитку. Надмірне збільшення освітленості або тривалості освітлення може викликати стресові реакції, підвищення збудливості та навіть збільшення відсотка вибракування поголів'я.

З метою підтримання високої яйценосності на птахофабриках застосовують диференційовані програми освітлення, які передбачають поступову зміну тривалості світлового дня залежно від віку курей. Для кожного господарства режим освітлення підбирається індивідуально з урахуванням технології утримання, умов годівлі та виробничих показників стада. Як видно з таблиці 2.1, після досягнення

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

птицею 140-денного віку тривалість світлового дня поступово збільшується, що стимулює розвиток репродуктивної системи та початок активної яйцекладки.

Разом з тим збільшення тривалості освітлення повинно виконуватися обережно та відповідати фактичному стану поголів'я. У випадку високої інтенсивності яйцекладки на початкових етапах продуктивного періоду або за стабільних показників наприкінці циклу утримання рекомендується більш плавне коригування світлового режиму. Такий підхід дозволяє підтримувати високі виробничі показники та забезпечує ефективне використання генетичного потенціалу курей-несучок.

Таблиця 2.1

Світловий режим для птахів в безвіконних приміщеннях

Вік птахів (днів)	Тривалість світлового дня	Включення електроосвітлення годинник, хв	Включення електроосвітлення годинник, хв
1-3	17.00	8.00	1.00
4-60	14.00	8.00	22.00
61-140	9.00	8.00	17.00
141-160	10.00	8.00	18.00
161-180	11.00	8.00	19.00
181-200	12.00	8.00	20.00
201-220	13.00	8.00	21.00
221-240	14.00	8.00	22.00
241-до кінця утримання	15.00	7.00	22.00

Птиця є досить чутливою до рівня освітленості, оскільки основна частина інформації про навколишнє середовище сприймається нею через органи зору. Недостатній рівень освітлення ускладнює пошук корму та води, знижує активність поголів'я і може негативно впливати на продуктивність. Саме тому під час проектування освітлювальних установок необхідно забезпечувати нормативні значення освітленості відповідно до віку та технологічної групи птиці.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для підтримання нормального фізіологічного стану та активного споживання кормів рівень освітленості в пташнику повинен відповідати вимогам технологічного процесу. Надмірне зниження освітленості призводить до зменшення рухової активності птиці, тоді як надто високий рівень освітлення може викликати стресові реакції та підвищену агресивність. Тому одним із головних завдань системи освітлення є забезпечення оптимального співвідношення між рівнем освітленості та енергоспоживанням.

Зростання вартості електричної енергії зумовлює необхідність впровадження сучасних енергоефективних технологій освітлення. Найбільш перспективним рішенням для птахівничих підприємств є використання світлодіодних світильників, які характеризуються високою світловою віддачею, тривалим терміном служби та можливістю плавного регулювання світлового потоку. Завдяки цьому досягається значне скорочення експлуатаційних витрат при одночасному забезпеченні необхідних параметрів світлового середовища.

Під час вибору освітлювального обладнання необхідно враховувати особливості експлуатації пташників. Такі приміщення належать до об'єктів із підвищеною вологістю, значною запиленістю та наявністю агресивних газових виділень, зокрема аміаку. У зв'язку з цим світильники повинні мати високий ступінь захисту від проникнення пилу та вологи, бути стійкими до корозії та забезпечувати надійну роботу протягом тривалого терміну експлуатації.

Після встановлення залежності між параметрами освітлення та продуктивністю птиці на більшості сучасних птахофабрик набули поширення безвіконні пташники. Такі приміщення дозволяють повністю контролювати тривалість світлового дня, рівень освітленості та інші параметри мікроклімату незалежно від природних умов. Крім того, відсутність вікон сприяє покращенню теплоізоляційних характеристик будівлі та зменшенню витрат енергії на підтримання необхідного мікроклімату.

Для реалізації проєкту обрано світлодіодний світильник НАТО CORAX, спеціально призначений для експлуатації у тваринницьких та птахівничих приміщеннях. Корпус світильника виготовлений із хімічно стійких матеріалів, що забезпечують надійний захист від впливу вологи, пилу та агресивного середовища.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Конструкція виробу дозволяє виконувати швидку заміну світлового модуля та забезпечує простоту монтажу й експлуатації. Основні технічні характеристики світильника наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики світильника НАТО CORAX

Напруга живлення, В	Споживана потужність, Вт	Кут світіння	Світловий потік, Лм	Температура кольору, К
220	5	120°	550	3000-6000
Регулювання яскравості, %	Спосіб регулювання яскравості	Освітленість, лк	Додатковий колір	Ступінь захисту
0 (1) -100	ШИМ	40	синій	IP65

Обраний світильник характеризується високою стійкістю до впливу вологи, пилу та агресивного середовища, що дозволяє використовувати його в умовах птахівничих приміщень. Завдяки герметичному виконанню корпусу забезпечується надійний захист внутрішніх елементів від проникнення вологи та забруднень, що позитивно впливає на довговічність і надійність роботи освітлювальної установки.

Конструкція світильника виконана з матеріалів, стійких до впливу аміаку, формаліну, слабких кислот і лугів, які можуть бути присутніми в повітрі пташника. Ступінь захисту IP65 дозволяє експлуатувати світильник в умовах підвищеної вологості та запиленості без погіршення його технічних характеристик. Крім того, конструкція виробу забезпечує простоту монтажу та мінімальні витрати на технічне обслуговування протягом усього терміну експлуатації.

Перед виконанням світлотехнічного розрахунку необхідно визначити оптимальне розташування світильників у приміщенні пташника. Найбільш освітленими повинні бути зони розміщення годівниць і поїлок, оскільки саме в цих місцях зосереджується основна активність птиці. Для забезпечення рівномірного розподілу світлового потоку світильники доцільно розміщувати вздовж центральної осі проходів між клітинними батареями. Таке розташування дозволяє забезпечити нормативну освітленість робочих зон та мінімізувати нерівномірність освітлення по всій площі приміщення.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У даному проєкті висоту встановлення світильників приймаємо на рівні верхнього краю клітинної батареї, тобто $H = 2,2$ м. Довжина проходу становить $A = 96$ м, ширина проходу $B = 1,3$ м.

Розрахунок освітлювальної установки виконується точковим методом. При цьому нормована освітленість для даного типу приміщення приймається на рівні 20 лк, мінімально допустима освітленість становить 7 лк, а максимальна освітленість не повинна перевищувати 35–40 лк.

2.1. Система управління освітленням

Для реалізації та автоматичного підтримання необхідного світлового режиму в пташнику обрано програмоване реле часу Acti 9 ITA CCT15940 виробництва Schneider Electric (рис. 2.1). Використання даного пристрою дозволяє автоматизувати процес керування освітленням, забезпечити дотримання встановлених програм зміни тривалості світлового дня та реалізувати плавне або ступінчасте регулювання освітленості відповідно до технологічних вимог утримання птиці.

Реле часу серії Acti 9 ITA належить до сучасних засобів автоматизації освітлювальних установок і характеризується компактністю, надійністю та простотою налаштування. Пристрій оснащений програмованим інтерфейсом, який дозволяє створювати та зберігати різні сценарії керування освітленням. Вбудована система пам'яті забезпечує збереження налаштувань та спрощує їх перенесення на інші пристрої за необхідності.

Функціональні можливості реле дозволяють реалізовувати добові, тижневі та сезонні програми керування освітленням, що особливо важливо для підтримання оптимального режиму утримання курей-несучок. Автоматизація процесу керування сприяє підвищенню енергоефективності освітлювальної установки, зменшенню експлуатаційних витрат та виключенню впливу людського фактора на дотримання світлового режиму.

Застосування програмованого реле Acti 9 ITA CCT15940 дозволяє забезпечити стабільне функціонування системи освітлення пташника протягом

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

усього виробничого циклу. Основні технічні характеристики пристрою наведено в таблиці 2.3.



Рис. 2.1 Зовнішній вигляд реле «ІТА» CCT15940

Використання програмованого реле часу Acti 9 ІТА CCT15940 забезпечує автоматичне керування освітлювальною установкою відповідно до заданих параметрів світлового режиму. Пристрій дозволяє здійснювати автоматичне вмикання та вимикання навантаження за попередньо сформованою програмою, а також підтримує роботу за тижневими циклами з повторенням встановлених режимів освітлення.

Важливою перевагою реле є можливість автоматичного переходу між літнім і зимовим часом, що забезпечує коректне функціонування системи без необхідності ручного коригування налаштувань. Крім того, передбачено можливість тимчасового або постійного ручного втручання в роботу системи шляхом примусового ввімкнення чи вимкнення освітлення з подальшим автоматичним поверненням до встановленої програми. Програмне забезпечення пристрою

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дозволяє створювати індивідуальні графіки роботи для окремих періодів експлуатації, що забезпечує гнучке налаштування світлового режиму відповідно до технологічних вимог утримання птиці. Завдяки цьому досягається висока точність керування освітленням, підвищується енергоефективність роботи системи та забезпечується стабільність виробничого процесу.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики реле «ІТА» ССТ15940

Найменування продукту	Кількість каналів	Макс. комутований струм, А	Номинальна робоча напруга	Точність
Acti 9 ІТА, ССТ15940	4	10 А - 250 В змінний струм $\text{pf} = 1$ 6 А - 250 В змінний струм $\text{pf} = 0,6$	230 В, змінний струм в 50/60 Гц	± 0.5 с / день 20 ° С
Тривалість циклу	Макс. кількість комутацій	Тип дисплея	Тривалість інтервалу	Термін резервного зберігання даних
24 ч + 7 днів + рік	300	Підсвічується ЖК дисплей	1 с	Збереження часу і програми протягом 10 років
Наявність доступних опцій				
Програмування циклу в ручному режимі або за допомогою програмування імпульсів, зовнішній вхід для ручного управління, можлива синхронізація часу через антену, автоматичний перехід на зимовий / літній час				

Для спрощення налаштування та експлуатації реле Acti 9 ІТА ССТ15940 передбачено використання зовнішньої карти пам'яті та програмного забезпечення для програмування з персонального комп'ютера. Це дозволяє створювати, зберігати та переносити налаштування між пристроями, що особливо зручно при експлуатації декількох однакових систем керування освітленням. Програмоване реле підтримує формування комутаційних та імпульсних команд, що дає можливість реалізовувати різноманітні режими роботи освітлювальної установки.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Користувач може задавати часові інтервали ввімкнення та вимкнення освітлення, створювати повторювані цикли роботи, а також формувати групи однакових команд для різних днів тижня.

Функціональні можливості пристрою передбачають перегляд, редагування та видалення раніше створених програм, а також налаштування параметрів роботи зовнішніх керуючих пристроїв. Крім того, реле дозволяє контролювати тривалість роботи навантаження, вести облік часу його роботи та забезпечує зручне налаштування режимів експлуатації за допомогою вбудованого інтерфейсу.

Завдяки широким можливостям програмування та гнучкому налаштуванню параметрів роботи реле Acti 9 ITA CCT15940 забезпечує ефективне керування освітленням пташника та підтримання заданого світлового режиму відповідно до технологічних вимог виробництва.

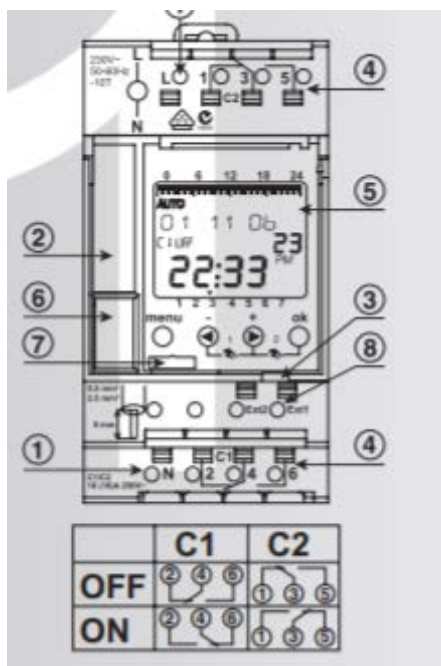


Рис. 2.2. Органи управління реле «ІТА» CCT15940: 1 – Джерело живлення змінного струму 230В + 10%, -15%, 50/60 Гц; 2 – Відсік для інструкції; 3 – пломбованого ковпак; 4 – Вихідні контакти; 5 – LCD-екран; 6 – Відсік ключа програмування; 7 – Роз'єм ключа програмування; 8 – Вхід зовнішнього приводу

Програмоване реле підтримує налаштування параметрів роботи через меню конфігурації, що дозволяє керувати режимами освітлення, контролювати

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тривалість роботи навантаження, налаштовувати зовнішні входи керування та змінювати сервісні параметри пристрою. Наявність вбудованого дисплея та системи меню забезпечує зручне налаштування і моніторинг роботи реле без використання додаткового обладнання. Завдяки цьому забезпечується гнучке керування освітлювальною установкою та можливість адаптації режимів роботи відповідно до технологічних вимог птахівничого підприємства.

2.3. Світлотехнічні розрахунки

Для оцінювання ефективності обраної системи освітлення виконаємо світлотехнічний розрахунок освітленості на рівні годівниць різних ярусів клітинної батареї. Розрахунок проводиться точковим методом, який дозволяє визначити освітленість у контрольних точках з урахуванням геометричних параметрів приміщення, розташування світильників та їх світлотехнічних характеристик.:

$$e = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{H_p^2};$$

де $I_a = 159,2$ – при всіх кутах для світильників з рівномірним світлорозподілом (крива сили світла М), ККД світильника, 45%, тобто при розрахунках сила світла повинна бути скоригована на цю величину; H_p – робоча висота світильника, м. для 1-го ярусу $H_{p1} = 2$ м; другого $H_{p2} = 1,4$ м; для 3-го ярусу $H_{p3} = 0,84$ м.;

$$\alpha = \arctg \frac{d}{H_p},$$

де d – відстань від робочої висоти до точки, м; $d_0 = b = 0,65$ м.

$d_1 = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,65^2} = 0,82$ [м], де a – крок – відстань від світильника $a_0 = 0$; $a_1 = 0,5$ м; $a_2 = 1,0$ м; $a_3 = 1,5$ м; $a_4 = 2,0$ м; $a_5 = 2,5$ м; $a_6 = 3,0$ м.

Загальна довжина корпусу пташника 105 м і довжина батареї 96 м, відповідно освітлювальна установка освічує в проході простору $96 \times 1,3 \times 2,2$ м в цьому проході встановлюється по осі 32 світильника при відстані між ними 3 м.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначення освітленості на гідівницях різних ярусів

Крок a , м	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	Примітка
d , м	0,65	0,82	1,19	1,63	2,1	2,58	3,06	$H_P = 2 \text{ м}$ $\frac{I_\alpha}{H_P^2} = \frac{159,2}{2^2} = 39,8$ $E = 39,8 \cdot \cos^3 \alpha \cdot \eta = 17,91 \cdot \cos^3 \alpha$
α	17,72°	22,3°	30,8°	39,1°	46,4°	52,2°	56,8°	
$\cos^3 \alpha$	0,864	0,79	0,633	0,465	0,328	0,23	0,163	
освітленість e , лк	15,4	14,1	11,3	8,3	5,85	4,1	2,9	
від двох світильників $\sum e_{\text{лк}}$	18,3	18,2	17,15	16,6	17,15	18,2	18,3	$H_P = 1,4 \text{ м}$ $\frac{I_\alpha}{H_P^2} = \frac{159,2}{1,4^2} = 81,2$ $E = 81,2 \cdot \cos^3 \alpha \cdot \eta = 36,54 \cdot \cos^3 \alpha$
α	24,9	30,3	40,36	49,3	56,3	61,4	65,4	
$\cos^3 \alpha$	0,746	0,643	0,44	0,276	0,17	0,109	0,072	
освітленість e , лк	27,2	23,5	16,0	10,1	6,2	3,96	2,6	
від двох світильників $\sum e_{\text{лк}}$	29,8	27,45	22,2	20,2	22,2	27,45	29,8	$H_P = 0,84 \text{ м}$ $\frac{I_\alpha}{H_P^2} = \frac{159,2}{0,84^2} = 225$ $E = 225 \cdot \cos^3 \alpha \cdot \eta = 101,25 \cdot \cos^3 \alpha$
α	37,6	44,3	54,65	62,7	68,2	71,9	74,64	
$\cos^3 \alpha$	0,497	0,366	0,193	0,096	0,051	0,0297	0,018	
освітленість e , лк	50,3	36,9	19,5	9,7	5,1	3,06	1,8	
від двох світильників $\sum e_{\text{лк}}$	52,1	39,96	24,6	19,4	24,6	39,96	52,1	

Аналіз результатів розрахунків, наведених у таблиці 2.4, показує, що при використанні джерела світла зі світловим потоком 1000 лм освітленість у контрольних точках гідівниць перевищує рекомендовані значення для окремих ярусів клітинної батареї. Найбільші значення освітленості спостерігаються на верхніх рівнях, які розташовані на мінімальній відстані від світильників.

З метою забезпечення нормативних параметрів освітлення виконаємо визначення необхідного світлового потоку джерел світла для кожного ярусу окремо. Розрахунок проводиться з урахуванням коефіцієнта запасу $K_3 = 1,5$, що дозволяє компенсувати зниження світлового потоку в процесі експлуатації освітлювальної установки.

Визначимо величину необхідного світлового потоку для освітлення годівниць першого ярусу на рівні $E_{\text{доп}} \leq 20$ лк за такою формулою:

$$\Phi_{\text{лр1}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{доп}} \cdot K_3}{\sum e} = \frac{1000 \cdot 20 \cdot 1,5}{41} \leq 730 \text{ [лм]};$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,5$.

Розрахуємо величину необхідного світлового потоку лампи для освітлення годівниць другого ярусу на рівні $E_{\text{доп}} \leq 33$ лк.

$$\Phi_{\text{лр2}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{доп}} \cdot K_3}{\sum e} = \frac{1000 \cdot 33 \cdot 1,5}{66} \leq 750 \text{ [лм]}.$$

Визначимо величину світлового потоку необхідного для освітлення годівниць 3го ярусу на рівні $E_{\text{доп}} \leq 45$ лк

$$\Phi_{\text{лр3}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{доп}} \cdot K_3}{\sum e} = \frac{1000 \cdot 45 \cdot 1,5}{90} \leq 750 \text{ [лм]}.$$

Аналіз результатів розрахунку освітленості, наведених у таблиці 2.4, показує, що при використанні джерел світла зі світловим потоком 1000 лм у контрольних точках окремих ярусів клітинної батареї отримуються значення освітленості, які перевищують рекомендовані для даного типу пташника. Це свідчить про доцільність коригування світлотехнічних параметрів освітлювальної установки.

Виконані розрахунки необхідного світлового потоку показали, що для забезпечення нормативних значень освітленості достатньо застосовувати джерела світла зі світловим потоком у межах 700–750 лм. При цьому під час вибору світильників необхідно враховувати коефіцієнт корекції 0,7–0,75 та коефіцієнт корисної дії освітлювальної установки $\eta = 0,45$.

Отримані результати підтверджують можливість забезпечення необхідних параметрів освітлення без перевищення нормативних значень освітленості.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для верхніх ярусів клітинних батарей, де освітленість залишається вищою порівняно з нижніми рівнями, додаткове регулювання може здійснюватися за рахунок використання світлодіодних джерел світла з різними спектральними характеристиками або застосування засобів керування світловим потоком.

2.4. Обґрунтування кольорового освітлення

Сучасні світлодіодні технології дозволяють не лише регулювати рівень освітленості, але й змінювати спектральний склад випромінювання відповідно до технологічних потреб птахівничого виробництва. На відміну від традиційних джерел світла, LED-світильники забезпечують можливість формування різних світлових режимів, що позитивно впливає на фізіологічний стан та продуктивність птиці.

Встановлено, що різні спектральні діапазони світла по-різному впливають на поведінку та розвиток птиці. Зокрема, червоний спектр сприяє активізації репродуктивних процесів, позитивно впливає на яйцєносність та дозволяє зменшити прояви агресивної поведінки в стаді. Використання такого освітлення є доцільним для дорослих курей-несучок у продуктивний період.

Зелений спектр найбільш ефективний на ранніх етапах вирощування молодняка. Його застосування сприяє активнішому розвитку м'язової тканини, покращує темпи росту та забезпечує більш рівномірний розвиток поголів'я. Найкращий ефект досягається при комбінованому використанні зеленого та синього спектрів освітлення.

Синє світло характеризується заспокійливою дією та сприяє зниженню стресового навантаження на птицю. Крім того, його використання дозволяє зменшити прояви канібалізму та покращити загальний стан поголів'я під час утримання в умовах високої щільності посадки.

З урахуванням результатів світлотехнічного розрахунку та особливостей утримання курей-несучок у проєкті передбачається використання світлодіодних світильників із можливістю зміни спектральних характеристик освітлення. Це

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дозволяє не лише забезпечити нормативний рівень освітленості, а й створити більш сприятливі умови для утримання птиці.

Скориговані значення освітленості в контрольних точках клітинних батарей наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Освітленості на годівницях ярусів

Крок, м	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	Примітка
$\Sigma e, K_{\text{сн}}$	12,2	12,1	11,4	11	11,4	12,1	12,2	1й ярус
$\Sigma e, K_{\text{сн}}$	19,8	18,2	14,6	13,5	14,6	18,2	19,8	2й ярус
$\Sigma e, K_{\text{сн}}$	25,5	19,7	12,3	9,6	12,3	19,7	25,5	3й ярус

Отримані результати свідчать про відповідність освітленості рекомендованим значенням для даного типу пташника. Врахування спектральних особливостей світлодіодного освітлення дозволяє додатково оптимізувати світловий режим без збільшення встановленої потужності освітлювальної установки.

Загальна встановлена потужність освітлювальної системи для одного пташника становить:

$$K_{\text{сн}} = K_{\text{ф}} \cdot 0,95 \cdot K_{\text{кнд}} = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 0,45 = 0,299.$$

Завдяки врахуванню червоного кольору в освітленні, отримані значення скоригованої освітленості є повністю задовільними. Зважаючи на наявність 7 проходів у пташнику з 32 світильниками в кожному, загальна встановлена потужність енергозберігаючих світильників в одному пташнику складе:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{л}} \cdot n_{\text{р}} \cdot n_{\text{с}} = 0,013 \cdot 6 \cdot 32 = 2,496 \approx 2,5 \text{ кВт.}$$

в разі використання ламп розжарювання встановлена потужність становила б:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{л}} \cdot n_{\text{р}} \cdot n_{\text{с}} = 0,075 \cdot 6 \cdot 32 = 14,4 \text{ кВт.,}$$

тобто майже в 6 разів менше.

Отже, застосування сучасних світлодіодних світильників дозволяє зменшити встановлену потужність освітлювальної установки майже у шість разів порівняно

з традиційними джерелами світла, що забезпечує суттєве скорочення витрат електричної енергії та підвищує енергоефективність птахівничого підприємства.

Для підтримання оптимальних умов утримання курей-несучок приймається світловий режим, наведений у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Світловий режим для курей-несучок

Час	Захід	Ефект
4 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	перше включення світла	раніше включення світла сприяє більш ранньому і кращому формуванню яйця. Кури клюють корм, п'ють воду
6 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	вимикання світла, темний проміжок	птиці продовжують спати: чистити пір'ячко і несуться
8 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	друге включення світла	кури харчуються: клюють корм, п'ють
11 ⁰⁰ -13 ⁰⁰	друге включення світла	птиці продовжують спати і відпочивати
13 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	третій світловий проміжок	годування, Клевань корми, питво
20 ⁰⁰ -4 ⁰⁰	третій вимикання світла для нічного відпочинку	сон
4 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	разом неспання птиці = 16 годин	
20 ⁰⁰ -4 ⁰⁰	нічний відпочинок сон = 8 годин	

2.5. Розрахунок електричної мережі живлення освітлення пташника

Для живлення освітлювальної установки пташника використовується трифазна чотирипровідна мережа змінного струму напругою 380/220 В із глухозаземленою нейтраллю. Така система електропостачання є найбільш поширеною на сільськогосподарських підприємствах завдяки своїй надійності, простоті реалізації та можливості рівномірного розподілу навантаження між фазами.

Підключення світильників здійснюється між фазним та нульовим проводами мережі. При цьому особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню допустимих відхилень напруги, оскільки якість електроживлення безпосередньо впливає на

ефективність роботи освітлювальної установки та ресурс світлодіодного обладнання.

Оскільки система освітлення живиться від загальної мережі електропостачання підприємства, можливі коливання напруги, викликані зміною навантаження силових електроприймачів. Для забезпечення стабільної роботи освітлювальної установки за необхідності можуть застосовуватися пристрої стабілізації напруги або засоби автоматичного регулювання параметрів електроживлення.

Відповідно до вимог нормативних документів, падіння напруги в мережах робочого освітлення не повинно перевищувати допустимих значень. Для найбільш віддалених світильників внутрішнього освітлення тривале зниження напруги рекомендується обмежувати на рівні 2,5 % від номінального значення, а для зовнішніх освітлювальних установок — не більше 5 % [10,11].

Не менш важливою умовою є обмеження підвищення напруги на затискачах світильників. Перевищення напруги понад допустимі межі може призвести до зниження ресурсу роботи електрообладнання та погіршення його експлуатаційних характеристик. Тому в сучасних системах електропостачання можуть використовуватися пристрої контролю та обмеження напруги, які забезпечують підтримання її значення в допустимому діапазоні та підвищують надійність роботи освітлювальної установки.

На основі наведених вимог виконується подальший розрахунок електричної мережі живлення освітлення пташника та вибір необхідних параметрів кабельних ліній і захисної апаратури.

2.5.1. Вибір способу прокладки кабелів і проводів

Вибір способу прокладання електричних мереж та марки кабельної продукції є важливим етапом проектування системи електропостачання освітлювальної установки. При цьому враховуються умови навколишнього середовища, конструктивні особливості будівлі, категорія приміщення, розташування

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

технологічного обладнання, а також вимоги нормативних документів щодо надійності та безпеки експлуатації електроустановок.

Під час вибору кабелів і проводів основна увага приділяється матеріалу жил, типу ізоляції, захисної оболонки, допустимому струмовому навантаженню та умовам експлуатації. Конструкція кабельної продукції повинна забезпечувати надійну роботу мережі в умовах підвищеної вологості, запиленості та впливу агресивних речовин, характерних для пташівничих приміщень.

Особливістю пташників є наявність підвищеної вологості повітря та аміачних випарів, які можуть негативно впливати на ізоляцію провідників і металеві елементи електроустановок. У зв'язку з цим для виконання електропроводок необхідно застосовувати кабелі та проводи, ізоляція яких стійка до впливу вологи та агресивного середовища.

У сільськогосподарських виробничих приміщеннях найчастіше використовують такі способи прокладання електропроводок:

- а) відкрити прокладку по будівельних конструкціях із використанням кабелів або проводів у трубах та кабельних каналах;
- б) прокладку всередині будівельних конструкцій відповідно до вимог проєкту;
- в) прокладку кабелів по стінах, фермах або спеціальних несучих конструкціях;
- г) прокладку кабелів у металевих лотках або захисних трубах.

Для освітлювальної мережі пташника, який належить до приміщень із вологим та хімічно агресивним середовищем, відповідно до вимог ПУЕ приймається кабель марки АВВГ з відкритою прокладкою по будівельних конструкціях із кріпленням спеціальними скобами. На окремих ділянках мережі проводи можуть прокладатися в металевих трубах або лотках, що забезпечує додатковий механічний захист та підвищує надійність експлуатації електроустановки.

Обраний спосіб прокладання забезпечує необхідний рівень електробезпеки, захист кабельних ліній від механічних пошкоджень та відповідає умовам експлуатації освітлювальної мережі пташника.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.5.2. Вибір місць установки освітлювальних щитків вимикачів

Розташування освітлювальних щитків та апаратів керування здійснюється з урахуванням вимог електробезпеки, зручності експлуатації та мінімізації довжини електричних мереж. Як правило, освітлювальні щитки встановлюються поблизу основних входів до приміщення в місцях, доступних для обслуговування та захищених від випадкових механічних пошкоджень. Під час вибору місця встановлення також враховуються умови прокладання кабельних ліній і можливість рівномірного розподілу навантаження між групами споживачів.

У випадках, коли виконання всіх технічних вимог одночасно є складним, остаточне розташування щитка визначається на основі техніко-економічного аналізу, який дозволяє забезпечити раціональне поєднання надійності та економічності системи електропостачання.

Вимикачі освітлення розміщуються біля входів у приміщення на зручній для обслуговування висоті та таким чином, щоб відкриті двері не перешкоджали доступу до них. Штепсельні розетки встановлюються відповідно до вимог нормативних документів і умов експлуатації електрообладнання.

Для виконання ремонтних та профілактичних робіт передбачається можливість підключення переносного освітлення. З цією метою використовуються спеціальні пункти живлення ремонтного освітлення, які забезпечують безпечне електроживлення переносних світильників під час проведення технічного обслуговування обладнання.

Керування освітленням пташника здійснюється за допомогою освітлювальних щитків, обладнаних апаратами захисту та комутації. На відхідних лініях встановлюються автоматичні вимикачі, які забезпечують захист мережі від перевантажень та струмів короткого замикання. Для ручного керування окремими ділянками освітлювальної установки використовуються вимикачі відповідного ступеня захисту залежно від умов навколишнього середовища.

Для підключення світильників застосовується провід типу ПВС з мідними жилами, який характеризується достатньою гнучкістю, механічною міцністю та надійністю в експлуатації. Обране обладнання забезпечує безпечну та безперебійну

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

роботу освітлювальної мережі пташника відповідно до вимог чинних нормативних документів.

2.5.3. Вибір та розрахунок групових освітлювальних мереж

Відповідно до вимог ПУЕ під час проєктування групових освітлювальних мереж необхідно забезпечити допустимі значення струмів навантаження та правильний вибір апаратів захисту. Кількість світильників, що підключаються до однієї групової лінії, визначається потужністю навантаження, характеристиками джерел світла та умовами експлуатації електроустановки.

Для живлення освітлювальної установки пташника приймається трифазна чотирипровідна система електропостачання. Використання такої схеми дозволяє більш рівномірно розподілити навантаження між фазами, зменшити втрати напруги в мережі та забезпечити раціональне використання провідникового матеріалу. Крім того, розподіл освітлювальних груп між фазами підвищує надійність роботи системи та покращує якість електропостачання.

Під час проєктування групових мереж особливу увагу приділяють рівномірному розподілу навантаження між фазами. Це дозволяє зменшити перебіс фазних струмів і забезпечити стабільний режим роботи освітлювальної установки. Розподіл світильників за групами та фазами виконується на етапі розроблення схеми електропостачання.

До групових ліній допускається підключення освітлювальних розеток і допоміжного обладнання, проте за наявності значної кількості таких споживачів доцільно передбачати окремі групи живлення. Такий підхід спрощує експлуатацію мережі та підвищує її надійність.

Після формування груп електроспоживачів виконується розрахунок електричної мережі освітлення. Основним завданням розрахунку є визначення необхідного перерізу проводів і кабелів, який забезпечує допустимий нагрів провідників, нормативні втрати напруги та необхідну механічну міцність електропроводки.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вибір перерізу провідників здійснюється за умовами допустимого нагріву та втрати напруги. При цьому остаточно прийнятий переріз повинен також відповідати вимогам механічної міцності та забезпечувати надійну роботу електричної мережі протягом усього терміну експлуатації.

Переріз проводів за умовою мінімальних витрат провідникового матеріалу визначається за формулою:

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C \Delta U},$$

де $\sum M$ – сума електричних моментів навантаження відповідної ділянки мережі; $\sum M_v$ – сума моментів відгалужень; C – коефіцієнт, який залежить від системи напруги та матеріалу провідників; ΔU – допустима втрата напруги, %; P – розрахункова потужність навантаження; l – довжина ділянки мережі.

Для визначення електричних моментів використовується розрахункова потужність навантаження:

$$P_{\text{рас}} = P_{\text{уст}} \cdot K_c;$$

де $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність навантаження; K_p – коефіцієнт попиту.

2.6. Розрахунок перерізу проводів і кабелів та вибір апаратури захисту

Одним із основних завдань під час проектування електричних мереж освітлення є забезпечення нормативних параметрів електроживлення світильників. Від правильного вибору перерізу провідників залежать втрати напруги в мережі, надійність роботи освітлювальної установки, економічність експлуатації та рівень електробезпеки.

У процесі експлуатації напруга на затискачах споживачів може змінюватися внаслідок коливань навантаження в мережі та особливостей роботи системи електропостачання. Тому під час розрахунку освітлювальних мереж необхідно забезпечити виконання вимог нормативних документів щодо допустимих втрат напруги. Для даного проєкту приймається, що сумарна втрата напруги від джерела живлення до найбільш віддаленого світильника не повинна перевищувати 2,5 % від номінального значення.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок електричної мережі передбачає визначення перерізів кабелів і проводів для окремих ділянок мережі, перевірку втрат напруги та вибір захисної апаратури. Для цього складається розрахункова схема групових ліній освітлення та визначаються навантаження окремих ділянок мережі.

Розрахункову схему освітлювального щита №1 наведено на рисунку 2.3.

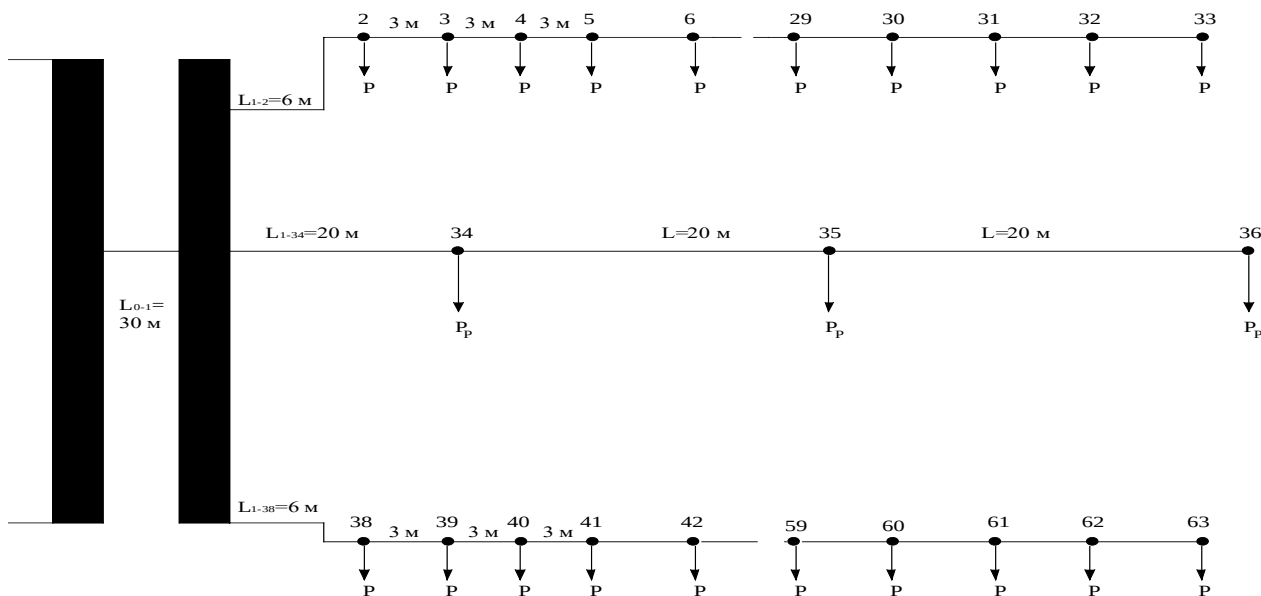


Рис. 2.3. Розрахункова схема щита № 1

Визначимо навантаження щитка:

$$M_{0-1} = \sum P_0 L_{0-1} = n_1 P_C L_0 K_C + n_1 P_P L_1 K_C + 2n_0 P_C \left[L_{1-2} + L \frac{n_0 - 1}{2} \right] + 2n_0 P_C \left[L + \frac{n_0 - 1}{2} \right] \alpha + n_1 P_P K_C \left[l_{1-34} + L_1 \frac{n_1 - 1}{2} \right] \alpha;$$

де n – загальне число світильників в групі $n = 64$ шт; P_C – потужність ламп світильника, $P_C = 0,014$ кВт; L_{0-1} – відстань від щитка до розгалуження групи, $L_{0-1} = 30$ м; n_1 – число розеток в групі, $n = 3$; $K_C = 0,5$ – коефіцієнт попиту; $l_{1-34} = 23$ м від щитка до першої розетки; L_1 – відстань між розетками $L_1 = 20$ м; n_1, n_2 – число світильників в підгрупі, 32 шт; l – відстань між світильниками, $l = 3,0$ м; α – для однофазної відгалуження від трифазної лінії, $\alpha = 1,83$.

Обчислимо момент:

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$M_{0-1} = 64 \cdot 0,014 \cdot 30 + 30 + 3 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 30 + 2 \cdot 32 \cdot 0,014 \cdot \left[6 + 3 \frac{32-1}{2} \right] + \\ 2 \cdot 32 \cdot 0,014 \left[6 + 3 \frac{32-1}{2} \right] \cdot 1,83 + 3 \cdot 2 \cdot 0,5 \left[23 + 20 \frac{3-1}{2} \right] \cdot 1,83 = 428 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

З таблиці 12.11 [13] за величиною моменту $M_{0-1}=428 \text{ кВт м.}$

Вибираємо перетин алюмінієвого проводу, виходячи з такого міркування, що від щитка до останнього світильника групи втрата напруги не повинно перевищити 2,5%, тобто $U \leq 2,5\%$.

Виходячи з цієї умови, вибираємо перетин провідника алюмінієвого для ділянки 0-1 $S_{0-1} = 10 \text{ мм}^2$, тоді втрата напруги на ділянці 10-1 = 30 м при перетині кабелю АВВГ 4 х 16,0 мм² дорівнюватиме $\Delta U_{0-1} = 0,6\%$. Отже на решту 3 гілки групи втрату напруги можна допустити не більше ніж: $\Delta U = 2,5\% - 0,6\% = 1,9\%$

Визначимо момент навантаження на гілці 1-33:

$$M_{1-63} = M_{1-33} = n_0 P_C \left[l_{1-2} + l \frac{n_0 - 1}{2} \right] = 32 \cdot 0,014 \cdot \left[6 + 3,0 \frac{32-1}{2} \right] = 43,8 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Визначимо момент навантаження на гілці 1-36:

$$M_{1-36} = n_1 P_P K_C \left[l_{1-34} + L_1 \frac{n-1}{2} \right] = 3 \cdot 2,0 \cdot 0,5 \left[23 + 20 \frac{3-1}{2} \right] \cdot 1,83 = \\ = 6 \cdot 0,5 \cdot 43 \cdot 1,83 = 236,07 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

З таблиці 12.11 [13] за величиною моментів з урахуванням того, що на три залишилися гілки групи допускається втрата напруги не більше 1,7% визначимо перетин кабелю на ділянці

За величиною $M_{1-36} = 236 \text{ кВт м}$ знаходимо перетин кабелю алюмінієвого АВВТ має бути $S_{1-36} = 4,0 \text{ мм}^2$, тоді втрата напруги складе $\Delta U_{1-36} = 1,3\%$.

За величиною $M_{1-33} = 43 \text{ кВт м}$ з тієї ж таблиці необхідно перетин алюмінієвого проводу для підключення світильників

$M_{1-33} = 43,5 \text{ м}$, кабель АВВГ 2 х 2,5 мм² при цьому втрата напруги на ділянці довжиною $L_{пр} = 36 \text{ м}$ складе $\Delta U_{1-33} = 0,4\%$.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Отже, на останню гілку групи залишилася допустима втрата напруги рівна:

$$\Delta U = 1,9 \% - 1,3 \% - 0,8 \% = - 0,2 \%.$$

Отримані результати свідчать, що при прийнятих перерізах кабелів і проводів сумарні втрати напруги не перевищують допустимих нормативних значень. Отже, обрані параметри провідників забезпечують необхідну якість електроживлення освітлювальної установки. Перевірка втрати напруги в електроосвітлювальній мережі при обраних перетинах проводів виконується за формулою [13] для першої ділянки 0-1:

$$\Delta U_{0-1} = \frac{\sum M + \sum M\alpha}{C \cdot S_{0-1}};$$

де $\sum M + \sum M\alpha$ – сума моментів навантажень на ділянці; C – коефіцієнт який характеризує матеріал і напруга живлення мережі для алюмінієвого проводу при напрузі живлення 380/220 В, $C=46$; S_{0-1} - переріз провідника, мм².

Визначимо втрати напруги на ділянці 0-1:

$$\Delta U_{0-1} = \frac{M_{0-1}}{C \cdot S_{0-1}} = \frac{428,00}{46 \cdot 16} = 0,58 \%;$$

Визначимо втрати напруги на ділянці 1-33:

$$\Delta U_{1-33} = \frac{M_{1-33}}{C \cdot S_{0-33}} = \frac{43,00}{46 \cdot 2,5} = 0,374 \%;$$

Визначимо втрати напруги на ділянці 1-36:

$$\Delta U_{1-36} = \frac{M_{1-36}}{C \cdot S_{1-36}} = \frac{263,00}{46 \cdot 4,0} = 1,26 \%;$$

Визначимо втрати напруги на ділянці 1-63:

$$\Delta U_{1-63} = \frac{M_{1-63}}{C \cdot S_{1-63}} = \frac{43,00}{46 \cdot 2,5} = 0,374 \%.$$

Загальна втрата напруги в проводах груп складе:

$$\Delta U = 0,58 + 0,374 + 0,374 + 1,26 = 2,60 \%.$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Проводимо перевірку обраних проводів з урахуванням допустимої втрати напруги та допустимого тривалого нагрівання при проходженні через них розрахункових значень струму.

Визначення розрахункових значень струму проводиться за формулами [12-14].
Для розрахункових ділянок 1-33 і 1-63:

$$I_p = P_p \cdot K_T \text{ або } I_p = \frac{P_p \cdot K_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi};$$

де P_p – розрахункова потужність навантаження, кВт; K_T – коефіцієнт, що

залежить від напруги мережі та її системи, при $U_{\phi} = 380/220 \text{ В}$ $K_T = 1,69$; K_n –

втрати в ПЗА $K_n = 1,08$; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності мережі;

$$I_p = 0,0124 \cdot 1,075 \cdot 1,69 \cdot 64 = 1,62 \text{ А};$$

$$\text{або } I_p = \frac{0,014 \cdot 1,075 \cdot 64}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,91} = 1,608 \text{ А}.$$

Відповідно до вимог ПУЕ допустимий тривалий струм для обраних алюмінієвих провідників із полівінілхлоридною ізоляцією, прокладених в одній трубі у вигляді чотирьох одножильних ізольованих проводів перерізом 2,5 мм², становить 19 А. Оскільки розрахункові значення струмів навантаження є значно меншими за допустимі, обрані проводи працюватимуть у нормальному тепловому режимі та матимуть необхідний запас за умовою нагрівання. Це підтверджує правильність вибору перерізу провідників та забезпечує надійну експлуатацію освітлювальної мережі.

$$I_p = 0,014 \cdot 64 \cdot 1,69 + 0,014 \cdot 64 \cdot 5,05 + 0,53 \cdot 3 \cdot 4,54 = 15,6 \text{ А}.$$

Згідно з вимогами ПУЕ допустимий тривалий струм для обраних алюмінієвих провідників із ПВХ-ізоляцією перерізом 2,5 мм² становить 19 А. Оскільки розрахункові струми навантаження є значно меншими за допустимі значення, обрані проводи забезпечують необхідний запас за умовою нагрівання та можуть надійно експлуатуватися в освітлювальній мережі пташника.

Відповідно до нормативних вимог усі освітлювальні мережі повинні бути захищені від струмів короткого замикання, а в необхідних випадках також від

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

перевантаження. Для забезпечення безпечної та надійної роботи електроустановки застосовуються апарати захисту, які автоматично відключають пошкоджену ділянку мережі при виникненні аварійних режимів.

Найбільш поширеним засобом захисту сучасних освітлювальних мереж є автоматичні вимикачі. Порівняно із плавкими запобіжниками вони забезпечують багаторазове використання, вищу надійність роботи та можливість виконання одночасно функцій комутації й захисту електричних кіл.

Під час вибору апаратів захисту необхідно забезпечити виконання вимог щодо селективності та швидкодії захисту. Номінальні струми автоматичних вимикачів повинні максимально відповідати розрахунковим струмам захищуваних ліній, забезпечуючи ефективний захист кабелів і проводів від перевантажень та струмів короткого замикання.

На підставі виконаних розрахунків здійснюється подальший вибір автоматичних вимикачів та іншої комутаційно-захисної апаратури для освітлювальної мережі пташника.

У мережах освітлення, які не потребують захисту від перевантажень, допускається застосування запобіжників або автоматичних вимикачів із відповідними характеристиками спрацювання. Для мереж, що підлягають захисту від перевантаження, використовуються автоматичні вимикачі, параметри яких відповідають розрахунковим струмам навантаження та умовам експлуатації.

Відповідно до вимог ПУЕ апарати захисту повинні встановлюватися в місцях приєднання мережі до джерел живлення, на вводах у будівлі, у групових щитках на початку кожної групової лінії, а також у місцях зміни перерізу провідників, якщо це необхідно для забезпечення надійного захисту мережі.

Для комутації та захисту освітлювальної мережі приймаємо модульне обладнання серії Schneider Electric Easy9, яке відповідає сучасним вимогам щодо надійності, електробезпеки та зручності експлуатації. Для керування окремими ділянками мережі застосовуються магнітні пускачі, а захист від перевантажень і струмів короткого замикання забезпечується автоматичними вимикачами.

Вибір автоматичних вимикачів виконується за номінальною напругою мережі, розрахунковим струмом навантаження, характеристикою спрацювання та

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

відключаючою здатністю. Для ділянки освітлювальної мережі від вводу до розподільчого щитка (ділянка 0–1) розрахунковий тривалий струм становить $I_{тр} = 25,5 \text{ А}$ при напрузі мережі 380/220 В.

З урахуванням умов експлуатації та необхідного запасу за струмом для захисту даної ділянки приймається триполюсний автоматичний вимикач Schneider Electric Easy9 номіналом 32 А з характеристикою спрацювання типу С. Обраний апарат забезпечує надійний захист мережі від перевантажень та струмів короткого замикання і відповідає вимогам нормативних документів.

Інші параметри апаратів захисту та комутації наведені на розрахунково-монтажній схемі освітлювальної мережі.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

ПТАШНИКА

3.1. Розрахунок і вибір електросилового обладнання

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в пташнику необхідно передбачити ефективну систему припливно-витяжної вентиляції. Її основним призначенням є видалення надлишкової вологи, вуглекислого газу, тепла та інших шкідливих домішок, що утворюються в процесі життєдіяльності птиці, а також забезпечення надходження свіжого повітря в необхідній кількості.

З метою покращення санітарно-гігієнічного стану приміщення можуть застосовуватися додаткові заходи, зокрема періодичне ультрафіолетове опромінення для зниження концентрації патогенних мікроорганізмів та використання систем аероіонізації повітря. Такі заходи сприяють підтриманню сприятливих умов утримання птиці та зменшенню ризику виникнення захворювань.

Під час проєктування вентиляційної системи необхідно визначити тип, кількість та основні параметри вентиляторів. Основними вихідними даними для розрахунку є годинна витрата повітря L_v , $m^3/год$, та розрахунковий напір вентилятора H_p , Па.

Оскільки в процесі утримання птиці в приміщенні утворюється значна кількість вологи, вуглекислого газу та надлишкового тепла, система вентиляції повинна забезпечувати їх своєчасне видалення. Тому необхідний повітрообмін визначається окремо за кожним із зазначених факторів. Для подальшого проєктування вентиляційної установки приймається найбільше з отриманих значень повітрообміну, яке забезпечує дотримання нормативних параметрів мікроклімату в пташнику.

Необхідна кількість вентиляційного повітря для видалення надлишкової вологи визначається за формулою:

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$L_{\text{вл}} = \frac{K_1 \cdot W_{\text{в}} \cdot n \cdot K_{\text{в}}}{d_{\text{в}} \cdot \varphi_{\text{в}} - d_{\text{н}} \cdot \varphi_{\text{н}}},$$

де K_1 – коефіцієнт враховує випаровування вологи з підлоги, листів, полиць $K_1 = 1,14$; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт вологовиділення при $t_{\text{в}} = 16^\circ\text{C}$; $W_{\text{в}}$ – кількість вологи виділяється однією птицею в годину, $W_{\text{в}} = 5,1 \text{ г / с}$ при $t_{\text{в}} = 16^\circ\text{C}$; n – число курей в приміщенні $n = 51216$ шт; $d_{\text{в}}$, $d_{\text{н}}$ – вологовміст повітря всередині пташника і на вулиці при розрахункових температурах $t_{\text{в}} = 16^\circ\text{C}$, $t_{\text{н}} = -20^\circ\text{C}$, (в зимовий час) і $t_0 = 10^\circ\text{C}$, (осінню). Опалювальна вологість всередині пташника = 70% на вулиці = 30%, $d_{16^\circ} = 13,6 \text{ г/м}^3$ $d_{-20^\circ} = 0,88 \text{ г/м}^3$.

$$L_{\text{вл}} = \frac{1,14 \cdot 5,1 \cdot 51216 \cdot 1}{0,75 \cdot 13,6 - 0,88 \cdot 0,3} = \frac{297770}{9,256} = 32170 \text{ м}^3/\text{г};$$

Наступним етапом є визначення необхідної витрати повітря для видалення надлишкового вуглекислого газу, який утворюється внаслідок життєдіяльності птиці. Розрахунок потрібного об'єму вентиляційного повітря виконується за формулою:

$$L_{\text{co}_2} = \frac{K_{\text{co}_2} \cdot m_{\text{п}} \cdot n}{C_2 - C_1} = \frac{1,2 \cdot 1,7 \cdot 51216}{0,0025 - 0,0003} = 21649 \text{ м}^3/\text{г};$$

де K_{co_2} – коефіцієнт враховує виділення вуглекислоти на деках підлозі та інших місцях, $K_{\text{co}_2} = 1,2$; $m_{\text{п}}$ – кількість вуглекислоти виділяється організмом одного птаха; C_2 – допустимі концентрації СО в повітрі пташника $C_2 = 0,25\%$ на вулиці $0,03\%$ $C_1 = 0,03\%$. Розрахунок необхідної кількості вентиляційного повітря при $t_{\text{в}} = 30^\circ\text{C}$ для видалення надлишкового тепла з пташника в літню пору. Потрібну кількість вентиляторного повітря визначається за формулою:

$$L_{\text{т}} = \frac{g_{\text{п}} (1 + K t_{\text{в}})}{C (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} = \frac{28,5 (1 + 0,00366 \cdot 30) \cdot 51216}{1 (30 - 25)} = 324000 \text{ м}^3/\text{г};$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де g_n – тепловиділення однієї птиці, $g_n = 28,5$ кДж/г; K – коефіцієнт розширення повітря при підвищенні температури на 1°C , $K_T = 0,003666$; t_b , t_n температура в літній час $t_b = 30^\circ\text{C}$, $t_n = 25^\circ\text{C}$ $L_T = 324000$ м³/г.

За розрахункову витрату вентиляційного повітря приймаємо значення, отримане за умовою видалення надлишкового тепла з приміщення пташника в літній період. Саме цей режим є визначальним під час вибору вентиляційного обладнання.

При проєктуванні системи вентиляції необхідно враховувати, що птиця є чутливою до протягів. Тому подача свіжого повітря повинна здійснюватися рівномірно, без утворення локальних зон із надмірною швидкістю руху повітря. Для розрахунків приймаємо швидкість руху повітря $V = 4$ м/с.

Для забезпечення необхідного повітрообміну передбачається застосування сучасної системи тунельної вентиляції на базі промислових осьових вентиляторів Multifan 130 виробництва Vostermans Ventilation або аналогічних вентиляторів Munters EM50. Продуктивність одного вентилятора становить близько 13000 м³/год.

Для забезпечення необхідної продуктивності системи встановлюється 20 вентиляторів, які забезпечують сумарну подачу вентиляційного повітря:

$$Q = 20 \cdot 13000 = 260000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Оскільки розрахункова потреба у вентиляційному повітрі становить 324000 м³/год, додатково необхідно забезпечити:

$$324000 - 260000 = 64000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для компенсації дефіциту повітрообміну передбачається встановлення додаткових осьових вентиляторів меншої продуктивності з можливістю плавного регулювання частоти обертання. Продуктивність одного такого вентилятора приймається рівною 3600 м³/год.

Необхідна кількість додаткових вентиляторів становить:

$$N = 64000 / 3600 = 17,7 \approx 18 \text{ шт.}$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, система вентиляції пташника включає 20 основних вентиляторів продуктивністю 13000 м³/год та 18 додаткових регульованих вентиляторів продуктивністю 3600 м³/год. Загальна продуктивність системи забезпечує нормативний повітрообмін, необхідний для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату та комфортних умов утримання птиці.

Відстань між місцями встановлення вентиляторів визначається відповідно до довжини пташника та кількості вентиляційних отворів і становить:

$$L = \frac{92,6 \cdot 2}{38 + 2} = 4,6 \text{ м.}$$

Визначимо необхідний тиск вентилятора при діаметрі повітропроводу Ø150 мм:

$$P = P_d + P_c \quad P_d = \rho V^2 / 2 = \rho \cdot V^2 / (1 + f \cdot t_n)^2 = 1,29 \cdot 42^2 / (1 + 1/273 \cdot 25) = 9,45 \text{ Па;}$$

$$P_c = LK \cdot P_n = 2,0 \cdot 64,8 \cdot 41,924 / 1501,0494 \cdot (1/1 + f t_n) 0,825 =$$

$$= 129,60 \cdot 14,4 / 192,25 = 9,0 \text{ Па;}$$

$$P = 9,45 + 9,0 = 18,5 \text{ Па;}$$

де P – тиск вентилятора; P_0 – динамічний напір; P_c – статичний напір; V – швидкість повітря; D – 150 мм діаметр повітропроводу; L – довжина повітропроводу, $L=64,8$ м.

Отже, для подальших розрахунків приймаємо:

– в зимову пору року потрібну кількість вентиляторного повітря з урахуванням підсосу $K=1,1$ підлягає підігріву становить:

$$L_v = 1,1 \cdot L = 1,1 \cdot 18550 = 20400 \text{ м}^3/\text{год.}$$

У теплий період необхідна кількість вентиляційного повітря для видалення надлишкового тепла з приміщення пташника становить:

$$L_v = 126500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Напір вентилятора приймаємо $P = 18,5$ Па, швидкість повітря в повітропроводі $V = 4$ м/с, швидкість повітря на виході в приміщення $V_v = 0,5$ м/с.

Завданням вентиляційно-опалювальної системи є підтримання в приміщенні пташника температури 16 °С при відносній вологості повітря 70–75 %, температурі зовнішнього повітря -20 °С та вологості зовнішнього повітря 30 %.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кількість тепла, необхідна для обігріву пташника в холодний період року, визначається з рівняння теплового балансу:

$$Q_{\text{пт}} + Q_{\text{оп}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{вип}}, \text{ звідки } Q_{\text{оп}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{вип}} - Q_{\text{пт}};$$

де $Q_{\text{оп}}$ – тепло, що виділяється опалювальною системою, кДж/г;

$Q_{\text{огр}}$ – тепло, що втрачається через огороження приміщення, кДж/г;

$Q_{\text{в}}$ – тепловтрати з видаляється вентиляційним повітрям, кДж/г;

$Q_{\text{вип}}$ – тепловтрати на випаровування вологи в приміщенні, кДж/г;

$Q_{\text{пт}}$ – тепло- виділяється організмами птахів, кДж/г.

Визначення тепловтрат через огороження приміщення виконується за формулою:

$$Q_{\text{огр}} = \sum K_i \cdot F_i (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = (K_{\text{с}} \cdot F_{\text{с}} + K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} + K_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} + K_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}}) (t_{\text{в}} - t_{\text{н}});$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт тепловтрат через стіни, $K_{\text{с}}=2,8$ кДж/м²; $F_{\text{с}}$ – площа стін, м² $2(96+18) \cdot 3,0$ м²; $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт тепловтрат через стелю, $K_{\text{п}}=1,6$ кДж/м² при 4; $F_{\text{п}}$ – площа стелі, м² $(96 \cdot 18 \cdot 8)$ м²=1728 м²; $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт тепловтрат через підлогу $K_{\text{п}}=0,8$ кДж/м²; $F_{\text{п}}$ – площа підлоги, м²; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловтрат через ворота, двері, вікна $K_{\text{в}}=8,4$ кДж/м²; $F_{\text{в}}$ – площа воріт, м² $(5 \cdot 3,6)$ м² вікон немає.

$$Q_{\text{огр}} = (2,8 \cdot 2(96+18) \cdot 3,0 + 1,6 \cdot (96 \cdot 18) + 0,8 \cdot (96 \cdot 18) + 8,4 \cdot 5) (16+20) = (3024,0 + 1843,2 + 921,6 + 1159,6) \cdot 36 = 802000 \text{ кДж/г.}$$

Визначення тепловтрат на нагрів вентиляційного повітря здійснюється за формулою:

$$Q_{\text{в}} = 20400 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot (16 + 20) = 895968 \text{ кДж/год.}$$

де $L_{\text{в}}$ – обсяг вентиляційного повітря в холодну пору року; c – теплоємність повітря, $c=1$ кДж/кг °С; γ – щільність повітря, кг/м³, $\gamma = 1,22$ кг/м³.

Визначення тепловтрат на випаровування вологи здійснюється за формулою:

$$Q_{\text{вип}} = W_{\text{нт}} \cdot n \cdot r \cdot K_{\text{в}};$$

де $W_{\text{нт}}$ – кількість вологи, що виділяється організмом одного птаха, $W_{\text{нт}}=5,1$ г/г; n – кількість курей в приміщенні, $n=20000$ шт; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт враховує випаровує

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вологу по стінах, годівниць листів, поїлок $K_w=0,14$; r – питома теплота випаровування води, $r=2260$ кДж/кг.

$$Q_{\text{вип}} = 0,14 \cdot 5,1 \cdot 2260 \cdot 20000 \cdot 10^{-3} = 32273 \text{ кДж/год.}$$

Визначення кількості тепла, що виділяється організмом птахів проводиться за формулою:

$$Q_{\text{пт}} = q_{\text{пт}} \cdot K_t ;$$

де $q_{\text{пт}}$ – кількість тепла виділяється з 1 кг живої маси птахів, кДж/Г·кг, $Q_{\text{пт}}=28,5$ кДж/Г·кг; m – середня маса одного птаха, $m=1,7$ кг; K_t – коефіцієнт що враховує зміну тепловиділення зі зміною температури (в літній період $t= 30$ °С, $K_t = 0,87$).

Тепловиділення птиці в холодну пору року:

$$Q_{\text{пт}} = 28,5 \cdot 1,7 \cdot 20000 = 969000 \text{ кДж/год.}$$

Тепловиділення в теплу пору:

$$Q_{\text{пт}} = 28,5 \cdot 1,7 \cdot 20000 \cdot 0,87 = 843030 \text{ кДж/год.}$$

Визначення необхідної кількості тепла для обігріву в зимовий час року пташника при температурі зовнішнього повітря - 20 °С. Виконується за допомогою теплового балансу:

$$Q_{\text{оп}} = 802000 + 895968 + 32273 - 969000 = 761241 \text{ кДж/год.}$$

Потрібна теплова потужність опалювальної системи становить:

$$R_{\text{оп}} = 761241 / 3600 = 211,5 \text{ кВт.}$$

Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату доцільно передбачити інтегровану вентиляційно-опалювальну систему, яка поєднує припливно-витяжну вентиляцію, підігрів повітря в холодний період року та регулювання інтенсивності повітрообміну залежно від температури і вологості в приміщенні.

Зниження тепловтрат у пташнику забезпечується такими заходами:

1. Рівномірним розміщенням технологічного обладнання та поголів'я по площі приміщення.
2. Використанням теплоізованих огорожувальних конструкцій будівлі.
3. Застосуванням безвіконного типу приміщення, що зменшує втрати тепла та спрощує підтримання заданого мікроклімату.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4. Використанням системи автоматичного регулювання вентиляції та підігріву припливного повітря.

Вентиляційна система повинна забезпечувати рівномірний рух припливного повітря без утворення протягів у зоні перебування птиці. Швидкість руху повітря в робочій зоні приймається в межах 0,5–0,8 м/с. Відпрацьоване повітря доцільно видаляти з нижньої частини приміщення, де накопичуються волога, пил і газові домішки.

Для забезпечення розрахункових параметрів мікроклімату приймається сучасна вентиляційно-опалювальна система на базі осьових вентиляторів Multifan 130 виробництва Vostermans Ventilation або аналогічних вентиляторів Munters EM50, електричного повітрянагрівача та автоматизованого контролера мікроклімату.

У холодний період року необхідна подача вентиляційного повітря становить 20400 м³/год, а потрібна теплова потужність для підігріву припливного повітря та компенсації тепловтрат – 211,5 кВт. Для забезпечення цього режиму передбачається використання електричного каналного повітрянагрівача або групи електрокалориферів сумарною тепловою потужністю не менше 220 кВт.

У теплий період року необхідний повітрообмін для видалення надлишкового тепла становить 126500 м³/год. Для його забезпечення використовується група осьових вентиляторів із можливістю поетапного або плавного регулювання продуктивності. Такий підхід дозволяє адаптувати роботу вентиляційної системи до фактичних температурних умов та зменшити споживання електричної енергії.

Для покращення енергоефективності системи доцільно передбачити використання рекуперації тепла витяжного повітря у холодний період року. Рекупераційний теплообмінник дозволяє частково повертати тепло з повітря, що видаляється з приміщення, та зменшити витрати електроенергії на підігрів припливного повітря.

У літній період за умов підвищеної температури зовнішнього повітря може застосовуватися система випарного охолодження. Принцип її роботи полягає у розпиленні води в потоці припливного повітря з подальшим випаровуванням

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вологи, що забезпечує зниження температури повітря без використання енергоємних компресорних кондиціонерів.

Запропонована система вентиляції та опалення дозволяє підтримувати необхідні параметри мікроклімату в пташнику на 20000 голів, забезпечити рівномірний повітрообмін, знизити тепловтрати та підвищити енергоефективність роботи інженерного обладнання.

3.2. Розрахунок та вибір електричних двигунів

Для вибору електродвигуна вентилятора необхідно враховувати його розрахункову продуктивність, потрібний напір, режим роботи та умови експлуатації. Оскільки вентиляційне обладнання пташника працює тривалий час і повинно забезпечувати стабільний повітрообмін, доцільно застосовувати енергоефективні електродвигуни з можливістю регулювання частоти обертання.

Потрібна потужність електродвигуна для приводу додаткового осьового вентилятора продуктивністю 3600 м³/год визначається за формулою::

$$P = K_z \cdot L_B \cdot H_B / 1000 \cdot \gamma_B \cdot \gamma_{\Pi};$$

де K_z – коефіцієнт запаса, $K_z = 1,1-1,15$ (для осевих вентиляторів); L_B – расчётная потребная производительность вентилятора, м/у; $L_B = 3500$ М/у; H_B – расчётный потребный напор вентилятора, $H_B = 40$; γ_B – КПД вентилятора; $\gamma_B = 0,6$; γ_{Π} – КПД передачи; $\gamma_{\Pi} = 1,0$.

$$P_B = \frac{K_z \cdot Q_B \cdot H_B}{10000 \cdot \gamma_B \gamma_{\Pi} \cdot 9,8 \cdot 10 - 101,3} = \frac{1,15 \cdot 3600 \cdot 18,5}{10^3 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 101,3} = 0,18 \text{ кВт.}$$

Вентилятор працює у тривалому режимі, тому при виборі електродвигуна необхідно враховувати характер зміни моменту опору на валу. Для осьових вентиляторів момент опору залежить від частоти обертання, а механічна характеристика має вентиляторний характер. Це означає, що зі збільшенням частоти обертання суттєво зростає необхідна потужність приводу.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Механічна характеристика вентилятора визначається за формулою:

$$M_B = M_0 + (M_{BH} - M_0) \cdot \omega / \omega_n;$$

де M_0 – момент опору в підшипниках в момент рушання вала; M_{BH} – момент опору вентилятора при номінальній кутовій швидкості; ω , ω_n – робоча і номіналом кутова швидкість.

$$\omega_n = 2P \times 1290 / 1 \cdot 60 = 21,5 \cdot 2P = 135 V d_y = H_d / \omega = 270 / 135 = 2 \text{ Нм};$$

$$M_0 = 0,18 V d_y = 0,18 \cdot 2 = 0,36 \text{ Нм};$$

$$M_B = 0,36 + (2 - 0,36)(10/135)^2 = 0,36 + 1,64(10/135)^2;$$

$$M_B = 0,36 + 9 \cdot 10^{-5} \cdot 102.$$

Оскільки момент опору вентилятора зростає пропорційно квадрату кутової швидкості, а необхідна потужність – пропорційно кубу швидкості, частота обертання електродвигуна повинна відповідати номінальній частоті обертання робочого колеса вентилятора. Навіть незначне перевищення швидкості може призвести до збільшення споживаної потужності та перевантаження електродвигуна.

За результатами розрахунку механічної характеристики встановлено, що момент опору вентилятора має вентиляторний характер і зростає зі збільшенням кутової швидкості. При цьому момент опору під час пуску не перевищує номінального моменту електродвигуна, тому додаткову перевірку за умовою рушання вентилятора з місця не проводимо. Для вентиляторних механізмів характерна залежність моменту опору від квадрата кутової швидкості, а споживаної потужності — від куба швидкості обертання. Тому частота обертання електродвигуна повинна відповідати номінальній частоті обертання робочого колеса вентилятора. Перевищення швидкості може призвести до різкого збільшення необхідної потужності та перевантаження приводу.

Для приводу додаткового осьового вентилятора приймаємо асинхронний електродвигун типу АІР80А4 потужністю $P = 0,25 \text{ кВт}$ з номінальною частотою обертання $n = 1500 \text{ об/хв}$. Даний електродвигун може працювати в тривалому режимі та за необхідності підключатися через частотний перетворювач для плавного регулювання продуктивності вентилятора.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для механізованого прибирання посліду в пташнику передбачається використання скребкового транспортера типу ТСН-3,0Б або аналогічного за технічними характеристиками обладнання. Для вибору електродвигуна приводу транспортера необхідно визначити потрібну потужність з урахуванням зусиль, які виникають під час переміщення посліду, режиму роботи механізму та умов експлуатації.

Скребковий транспортер складається з горизонтальної та похилої частин. Горизонтальна частина забезпечує переміщення посліду вздовж каналів, а похила — його подавання до місця збирання або подальшого знезараження. Найбільше навантаження на привод транспортера виникає на початку роботи, коли канали заповнені послідом. У процесі очищення навантаження поступово зменшується, що необхідно враховувати під час вибору електродвигуна.

Тривалість роботи горизонтального транспортера ТСН-3,0Б протягом одного циклу прибирання визначається за формулою:

$$\tau = 1,05l / (V \cdot 60) = (1,05 \cdot 28,0) / (0,19 \cdot 60) = 2,7 \text{ хв.}$$

де L — довжина горизонтального транспортера, $L=180$ м; V — швидкість руху скребка, м/с; $V=0,19$ м/с; 1,05 — коефіцієнт запасу.

Тривалість роботи похилого транспортера приймається рівною 1,5 хв. Зусилля транспортерного ланцюга на холостому ході становить:

$$F_x = m_l \cdot g \cdot L_l \cdot f_t = 8,7 \cdot 9,81 \cdot 28 \cdot 0,5 = 1195 \text{ Н,}$$

де m_l — маса 1 метра ланцюга зі скребками, $m=8,7$ кг/пм; L_l — довжина цепу, $L_l=28$ м; $g=9,81$ м/сек²; f_t — коефіцієнт тертя тіні по дерев'яному містку; $f_t=0,5$.

Визначення зусилля (H), заклинювання ланцюга зі шкребками від тертя посліду про дно каналу при її русі здійснюється за формулою:

$$F_n = 9,81 m_a t_n = 9,81 \cdot 597,5 \cdot 1,5 = 8792 \text{ Н,}$$

де m — маса посліду забирається в одну прибирання, кг; t_n — коефіцієнт тертя посліду про дно каналу, $f_n = 1,5$.

Визначення маси посліду забирається за одне прибирання:

$$m_n = 20000 \cdot 0,21 / (6 \cdot 3) = 233,3 \text{ кг.}$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де n – кількість курей в пташнику, $n = 51216$; z – вихід посліду з одного птаха в добу, $z=0,21$ кг [1,2]; N – кількість транспортерів на збиранні посліду, $N=3$.

Зусилля (H), що витрачається електродвигунами на подолання опору тертя гною об бічні стінки каналу при:

$$F_H = 9,81 \cdot m_H \cdot f_H = 9,81 \cdot 233,3 \cdot 1,5 = 3433 \text{ Н},$$

$$F_6 = P_6 \cdot F_H = 0,5 F_H = 0,5 \cdot 8800 = 4400 \text{ Н}.$$

Визначення розвиваються зусиль на подолання опору при заклинювання посліду між шкребками і стінками каналу:

$$F_6 = l \cdot F \cdot l / a = 15 \cdot 28 / l = 420 \text{ Н};$$

де $F_1 = 15$, Н – зусилля витрачається на подолання опору заклинювання припадають на одні скребки; a – відстань між скребками, м; $a = 100$ см = 1 м.

Загальна максимальне зусилля, необхідне для переміщення гною в каналі, коли завантажений весь транспортер:

$$F_{\max} = F_x + F_H + F_6 + F_z = 1195 + 3433 + 1718 + 420 = 6766 \text{ Н}.$$

Знаючи максимальне зусилля та швидкість руху скребкового ланцюга, визначаємо потрібну потужність електродвигуна транспортера:

$$P = \sum F V_{\text{л}} / 10^3 \cdot \eta = 14807 \cdot 0,19 / 10^3 \cdot 0,85 = 3,3 \text{ кВт};$$

де $V_{\text{л}}$ – швидкість руху ланцюга, $V_{\text{л}} = 0,19$ м/с; η – ККД передачі, $\eta = 0,85$.

Потрібна потужність на холостому ходу визначається за формулою:

$$P_x = \frac{F_x \cdot V_{\text{ц}}}{10^3 \cdot \eta m} = \frac{1195 \cdot 0,19}{10^3 \cdot 0,85} = 267 \text{ Вт}.$$

Визначення механічних характеристик скребкового транспорту. Момент опору на валу електродвигуна при максимальному завантаженні транспортера:

$$M_{\max} = F_{\max} \cdot V_{\text{ц}} / \omega \cdot \eta_n = 14807 \cdot 0,19 / 2\pi \cdot 0,95 \cdot (1400/60) \cdot 0,96 = 21,05 \text{ Нм}.$$

Момент опору на валу електродвигуна в момент рушання транспортера:

$$M_0 = 1,2 \cdot M_{\max} = 1,2 \cdot 21,05 = 25,26 \text{ Нм}.$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначення необхідної пускового моменту:

$$M \geq \frac{m_0}{K_{\pi} \cdot \mu - 0,25} = \frac{25,26}{0,72 \cdot 2 - 0,25} = 28,87 \text{ Нм};$$

Потрібна потужність електродвигуна:

$$P = P_{\omega\eta} \cdot 28,87 \cdot 2\pi \frac{1400}{60} \cdot 0,95 = 4 \text{ кВт.}$$

Отже, обраний електродвигун потужністю 2,2 кВт забезпечує необхідний пусковий момент і може використовуватися для приводу скребкового транспортера в пташнику на 20000 голів.

3.3. Розрахунок силової мережі

Одним із основних етапів проєктування силової електричної мережі є вибір марки та перерізу проводів і кабелів. При цьому необхідно враховувати умови експлуатації, спосіб прокладання, тривалий розрахунковий струм навантаження, допустиме нагрівання провідників, механічну міцність та втрати напруги.

Вибір перерізу проводів і кабелів здійснюється за умовами допустимого нагрівання, механічної міцності та допустимої втрати напруги. Для забезпечення надійної роботи електромережі повинні виконуватися такі умови:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_{\text{тр}}}{K_3}, \quad I_{\text{пр}} \geq \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\pi}};$$

де $I_{\text{пр}}$ – тривало допустимий струм провідника, А; $I_{\text{тр}}$ – тривалий струм електроприймача або ділянки електричної мережі, А; K_{π} – коефіцієнт що враховує умови прокладки; K_3 – кратність допустимого струму провідника по відношенню до номінального струму або струму спрацьовування захисного апарату; I_3 – номінальний струм або струм спрацьовування захисного апарату або пристрою, А (Для запобіжників, номінальний струм плавної виставки визначається, тоді як для автоматичних вимикачів з електромагнітним розчіплювачем - це номінальний

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

струм електромагнітного розчіплювача, а для автоматів з тепловим розчіплювачем - це номінальний струм теплового реле розчіплювача).

Виконаємо розрахунок силової мережі для групи електродвигунів кормороздавальних транспортерів ТУ-2А. Розрахунковий тривалий струм групи становить $I_{тр} = 2,78$ А. Коефіцієнт запасу приймаємо $K_3 = 1,0$.

Попередньо приймаємо кабель типу АВРГ з алюмінієвими жилами та полівінілхлоридною ізоляцією. Згідно з вимогами ПУЕ, для кабелю перерізом $2,5$ мм² допустимий тривалий струм становить 20 А. Оскільки допустимий струм обраного кабелю значно перевищує розрахунковий струм навантаження, умова вибору за нагріванням виконується:

$$I_{пр} = 20 \text{ А}, I_{ел.дв} = 2,78 \text{ А}, \text{ відповідно } 20 \text{ А} \geq 2,78 \text{ А}.$$

$$I_{тр} = 4 \text{ А}, I_{пр} \gg \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{II}} = 20 \text{ А} \frac{1 \cdot 4}{0,34} \gg \text{відповідно } 20 \text{ А} \geq 4,2 \text{ А}.$$

відповідно всі умови дотримуються. Для живлення групи електродвигунів приймаємо кабель АВРГ довжиною 25 м перерізом $2,5$ мм². Кабель прокладається частково в трубі в підлозі та частково відкрито по стіні відповідно до умов експлуатації приміщення. Перевіримо обраний кабель за допустимою втратою напруги. Для внутрішніх електропроводок втрата напруги не повинна перевищувати $2,5$ %:

$$\Delta U = \frac{P_n \cdot l}{C \cdot S}, \%$$

де ΔU – втрати напруги на ділянці мережі, % ; l – довжина лінії, м; C – коефіцієнт, що залежить від матеріалу дроти і напруги мережі, числа фаз $C=44$; S – перетин обраного кабелю, проводу, мм; P_n – номінальна розрахункова потужність, кВт:

$$\Delta U = \frac{1,5 \cdot 25}{44 \cdot 2,5} = 0,34 \text{ \%}.$$

Отримане значення втрати напруги не перевищує допустимого рівня. Отже, обраний кабель АВРГ перерізом $2,5$ мм² задовольняє вимоги за умовами допустимого нагрівання, механічної міцності та втрати напруги.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.4. Вибір комутаційно-захисної апаратури

Для забезпечення надійної та безпечної роботи електрообладнання пташника необхідно правильно вибрати комутаційно-захисну апаратуру. До такої апаратури належать автоматичні вимикачі, контактори, теплові реле та інші пристрої захисту, які забезпечують захист електрообладнання від перевантажень, коротких замикань і аварійних режимів роботи.

Для прикладу розглянемо вибір захисної апаратури для електрокалориферної установки типу СФОЦ-25. При виборі апаратів захисту необхідно враховувати тривалий робочий струм навантаження, пускові струми електродвигунів та характеристики мережі живлення.

При виборі апаратів захисту повинна виконуватись умова:

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{д}},$$

де $I_{\text{вст}}$ – номінальний струм плавкої вставки запобіжника, А; $I_{\text{д}}$ – тривалий робочий струм електроприймача або захищається лінії до групи струмоприймачів, А.

Для електродвигуна електрокалориферної установки:

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha} = \frac{I_{\text{н}} \cdot K_{\text{i}}}{\alpha};$$

де $I_{\text{н}}$ – номінальний струм електродвигуна, А; K_{i} – кратність підвищення пускового струму проти номінального, А; α – коефіцієнт, що характеризує умови пуску електродвигуна оскільки електродвигун електрокалориферної установки відноситься до двигунів працюють в нормальних умовах, то $\alpha = 2,5$

Для захисту електронагрівальної частини установки, де тривалий струм навантаження становить $I_{\text{тр}} = 34,2\text{А}$, приймаємо автоматичний вимикач Schneider Electric Easy9 3P C40 з номінальним струмом 40 А.

Для захисту електродвигунів застосовуємо автоматичні вимикачі з комбінованим тепловим та електромагнітним розчіплювачем.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{н}} \cdot K_{\text{и}}}{\alpha} = \frac{3,6 \cdot 5}{2,5} = 7,2 \text{ А відповідно } I_{\text{вст}} \gg I_{\text{дл}};$$

$$I_{\text{дл}} = 3,6 \text{ А}, 7,2 \text{ А} \geq 3,6 \text{ А}, \text{ тому виберемо } I_{\text{вст}} = 10 \text{ А}.$$

При виборі автоматичного вимикача необхідно враховувати такі фактори: номінальну напругу, номінальний струм автомата, номінальний струм розчіплювача, ток спрацьовування розчіплювача та граничний струм відключення.

При виборі автоматичного вимикача необхідно дотримати наступні умови:

$$U_{\text{н.авт}} \geq U_{\text{м}}; I_{\text{н.авт}} \geq I_{\text{дс}}; I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{дл}};$$

$$I_{\text{ср.расц}} \geq 1,25 I_{\text{дл}}; I_{\text{ср.емр}} \geq 1,50 I_{\text{дл}}.$$

де $U_{\text{н.авт}}, U_{\text{м}}$ – номінальну напругу автомата і мережі, В; $I_{\text{н.авт}}$ – номінальний струм, на який розрахований автоматичний вимикач, А; $I_{\text{дл}}$ – тривалий струм навантаження, А; $I_{\text{ср.расц}}$ – струм спрацьовування розчіплювача автомата, А; $I_{\text{ср.расц}}$ – номінальний струм розчіплювача автомата, А; $I_{\text{ср.емр}}$ – струм спрацьовування електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача, А.

Визначення тривалого струму електродвигуна АІР1013УУ2 здійснюється за формулою при коефіцієнті завантаження $K_3 = 0,9$:

$$I_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi \delta} = \frac{3,0 \cdot 0,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83 \cdot 0,82} = 6 \text{ А}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу Schneider Electric Easy9 з урахуванням номінального струму навантаження $I_{\text{н}} = 6,7 \text{ А}$, вибираємо автомат першої величини на $I_{\text{н.авт}} = 10 \text{ А}$, з комбінованим струмовим роз'єднувачем ($I_{\text{н.р}} = 8 \text{ А}$) без блоку контактів і додаткових ро'єднувачів.

Визначимо, чи виконуються всі умови:

$$U_{\text{н.авт}} = 380 \text{ В}, U_{\text{с}} = 380, \text{ відповідно } 380 \text{ В} = 380 \text{ В};$$

$$I_{\text{н.авт}} = 10 \text{ А}, I_{\text{н.рас}} = 6,7 \text{ А}, \text{ відповідно } 10 \text{ А} > 6,7 \text{ А};$$

$$I_{\text{н.расц}} > 1, I_{\text{рас}} = 8 \text{ А}, I_{\text{дл}} = 6 \text{ А} \text{ відповідно } 8 \text{ А} > 6 \text{ А}.$$

Для вибору пускача до електродвигуна потрібно дотримати наступні умови:

$$U_{\text{нп}} \geq U_{\text{с}}; P_{\text{мп}} \geq P_{\text{н.эд}}; I_{\text{трп}} \geq I_{\text{тр}};$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де $U_{\text{нп}}$ – номінальну напругу пускача, В; $U_{\text{с}}$ – номінальну напругу мережі, В; $P_{\text{мп}}$ – максимальна потужність навантаження, якою управляє пускач, кВт; $P_{\text{н эд}}$ – максимальна потужність навантаження (електродвигуна), кВт; $I_{\text{трп}}$ – номінальний струм теплового розчіплювача пускача, А; $I_{\text{тл}}$ – тривалий струм електродвигуна, А.

Визначення тривалого розрахункового струму електродвигуна АІР80ВУСУ1 при завантаженні електродвигуна $K = 0,8$:

$$I_{\text{дл}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot K_{\text{з}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi \delta} = \frac{1,5 \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,77} = 2,78 \text{ А.}$$

$$4 \geq 1,5 \text{ кВт}; 380 \text{ В} = 380 \text{ В}; I_{\text{трп}} \geq I_{\text{дл}}; 4 \text{ А} \geq 2,78 \text{ А};$$

$$P_{\text{нп}} = 4 \text{ кВт}; U_{\text{нп}} = 380 \text{ В}; I_{\text{трп}} = 4 \text{ А.}$$

Для керування електродвигуном транспортера вибираємо контактор Schneider Electric TeSys D LC1D09 з номінальним струмом 9 А та напругою керування 230 В.

Обраний контактор забезпечує надійну комутацію електродвигуна, має достатній запас за струмом і відповідає вимогам експлуатації в умовах сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, для силової мережі пташника на 20000 голів доцільно використовувати сучасну комутаційно-захисну апаратуру серії Schneider Electric Easy9 та TeSys D, що забезпечує надійний захист електрообладнання, простоту обслуговування та високий рівень експлуатаційної безпеки.

3.5. Вибір розподільчих пристроїв електросилової мережі

Для приймання та розподілу електричної енергії між окремими групами електроспоживачів, а також для захисту електричних ліній від перевантажень і струмів короткого замикання в мережах напругою 380/220 В застосовуються розподільчі щити та шафи комплектного виконання.

Сучасні розподільчі пристрої повинні забезпечувати безпечну експлуатацію електроустановок, можливість підключення апаратів захисту та керування, зручність обслуговування і необхідний рівень захисту від впливу навколишнього середовища. Для сільськогосподарських приміщень, зокрема пташників,

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

рекомендується використовувати обладнання із ступенем захисту не нижче IP54, яке забезпечує надійний захист від пилу та підвищеної вологості.

Для розподілу електричної енергії в проєкті приймається комплектний розподільчий щит серії Schneider Electric PrismaSeT або аналогічний за технічними характеристиками. У складі щита передбачається встановлення ввідного автоматичного вимикача, автоматичних вимикачів групових ліній, апаратури керування вентиляційним обладнанням, транспортерами та системою освітлення.

Вибір розподільчого щита здійснюється з урахуванням сумарної встановленої потужності електроприймачів пташника на 20000 голів, кількості групових ліній та необхідного резерву для можливого підключення додаткового обладнання.

Для захисту та комутації силових кіл передбачається використання автоматичних вимикачів Schneider Electric Easy9, а для керування електродвигунами вентиляційних установок і транспортерів – контакторів серії Schneider Electric TeSys D.

Оскільки живлення силової мережі, систем освітлення, вентиляції та допоміжного обладнання здійснюється від одного вводу, розподільчий щит забезпечує централізоване керування та захист усіх електроприймачів пташника. Розрахункова потужність навантаження визначається на основі сумарної потужності силового та освітлювального обладнання, після чого остаточно уточнюються параметри ввідного автоматичного вимикача та конфігурація розподільчого щита.

Застосування сучасного комплектного розподільчого пристрою забезпечує підвищення надійності електропостачання, зручність експлуатації, можливість подальшої модернізації системи електропостачання та відповідність сучасним вимогам електробезпеки.

3.6. Розрахунок потужності на вводі

Визначення розрахункової потужності на вводі є завершальним етапом проєктування системи електропостачання пташника. Отримані результати

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

використовуються для вибору ввідного автоматичного вимикача, розподільчого щита, кабельних ліній та іншого електротехнічного обладнання.

Розрахункове навантаження визначається з урахуванням установленної потужності всіх електроприймачів, режимів їх роботи та ймовірності одночасного ввімкнення. Для цього застосовується метод коефіцієнта одночасності, який широко використовується під час проектування електричних мереж сільськогосподарських підприємств.

Розрахункова активна потужність визначається за формулою:

$$P_{\text{роз}} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_{\text{уст}} \cdot n K_z}{0,5\eta} + \sum_{i=1}^{i=m} \frac{P_{\text{уст}} \cdot m K_z}{0,5\eta}.$$

де $P_{\text{уст}}$ – встановлена потужність електричних навантажень, кВт; от n – електроприймачів беруть участь у формуванні максимального навантаження, які працюють більш ніж на 0,5 години в момент встановлення максимуму навантаження; K_z – середній коефіцієнт завантаження електроприймача по активної потужності; η – ККД електроприймачів; $P_{\text{уст}}$ – встановлена потужність електроприймачів, що працюють в момент визначення навантажувального максимуму менш ніж на 0,5 години; m – число таких електроприймачів працюючих менше 0,5 години.

До складу навантаження пташника входять:

- система освітлення;
- вентиляційне обладнання;
- система опалення та підігріву повітря;
- транспортери видалення посліду;
- кормороздавальні механізми;
- допоміжне електрообладнання.

Визначимо розрахункову потужність навантаження на ввіді в приміщення пташника:

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$P_{\text{рас}} = \frac{0,55 \cdot 2 \cdot 0,2}{0,705} + \frac{1,5 \cdot 2 \cdot 0,2}{0,77} + \frac{0,55 \cdot 6 \cdot 0,4}{0,705} + \frac{2,2 \cdot 6 \cdot 0,2}{0,5 \cdot 0,8} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,25}{0,5 \cdot 0,82} +$$

$$+ \frac{2,2 \cdot 2 \cdot 0,15}{0,5 \cdot 0,8} + \frac{0,18 \cdot 6 \cdot 0,1}{0,5 \cdot 0,64} + \frac{0,12 \cdot 6 \cdot 0,3}{0,5 \cdot 0,63} + \frac{5,5 \cdot 1 \cdot 1}{0,85} + \frac{5,5 \cdot 1}{1} + \frac{0,25 \cdot 6 \cdot 1}{0,64} +$$

$$+ \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 1}{0,68} + \frac{1,5 \cdot 1 \cdot 1,5}{0,5 \cdot 0,77} + \frac{22,5 \cdot 1 \cdot 0,5}{1} + \frac{15,2 \cdot 0,25}{1} = 61,9 \text{ кВт.}$$

$$S_{\text{рац}} = P_{\text{расц макс}} / \cos \varphi;$$

де $\cos \varphi$ – середня значення коефіцієнта потужності навантажень беруть участь у формуванні півгодинного струму.

$$\cos \varphi_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_{\text{ni}}}{\sqrt{(\sum P_{\text{ni}})^2 + (\sum P_{\text{ni}} \operatorname{tg} \varphi)^2}};$$

де P_{ni} – споживана потужність електроприймачів беруть участь у формуванні максимуму навантаження, кВт; $\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності електроприймачів, що бере участь у формуванні максимуму навантаження. Визначається по транспортним даними електроприймачів з використанням $\cos \varphi$ у приймачів електроенергії:

$$\cos \varphi_{\text{cp}} = \frac{61,9}{\sqrt{109^2 + (109 \cdot 0,77)^2}} = 0,804.$$

Визначаємо розрахункову потужність на вводі пташника:

$$S_{\text{роз}} = \frac{61,9}{0,804} = 77 \text{ кВт.}$$

Отримані значення активної, реактивної та повної потужностей використовуються для остаточного вибору ввідного автоматичного вимикача, розподільчого щита та кабелю живлення пташника на 20000 голів.

Результати розрахунків силових навантажень, а також вибір комутаційно-захисної апаратури наведені на розрахунково-монтажній схемі електропостачання об'єкта.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.7. Розрахунок резервного електроживлення

Надійність електропостачання є одним із найважливіших факторів ефективної роботи сучасного птахівничого підприємства. Порухення електропостачання навіть на короткий проміжок часу може призвести до припинення роботи систем вентиляції, освітлення, автоматизованого годування та підтримання мікроклімату, що негативно впливає на продуктивність птиці та може спричинити значні економічні збитки [22, 24].

Для забезпечення безперебійної роботи технологічного обладнання пташника передбачається використання автономного резервного джерела електроживлення. Найбільш поширеним рішенням для об'єктів агропромислового комплексу є дизельні електростанції, які характеризуються високою надійністю, автономністю та можливістю швидкого введення в роботу при аварійному зникненні напруги основної мережі.

Основними перевагами дизельних електростанцій є:

- високий коефіцієнт корисної дії;
- швидкий автоматичний запуск після зникнення напруги мережі;
- можливість тривалої автономної роботи;
- відносно низька витрата палива;
- простота експлуатації та технічного обслуговування;
- висока надійність і довговічність обладнання;
- можливість роботи в автоматичному режимі спільно із системою автоматичного введення резерву (АВР).

Розрахункова потужність навантаження пташника, визначена в попередньому підрозділі, становить 77 кВт. Для забезпечення надійної роботи резервного джерела живлення враховуємо запас потужності на можливі пускові струми електродвигунів вентиляційного обладнання та перспективне збільшення навантаження:

$$P_{\text{рез}} = 77 \cdot 1,25 = 96,25 \text{ кВт.}$$

де $P_{\text{рез}}$ – розрахункова потужність навантаження пташника, кВт; K_3 – коефіцієнт запасу потужності, прийнятий рівним 1,25.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Виходячи з отриманого значення резервної потужності, для аварійного електропостачання приймаємо дизельну електростанцію FG Wilson P110-3 потужністю 100 кВА (80 кВт).



Рис. 3.2 Дизельна електростанція FG Wilson P110-3

Обрана дизельна електростанція забезпечує трифазне електроживлення напругою 400/230 В частотою 50 Гц. Номінальна активна потужність генератора становить 80 кВт при коефіцієнті потужності $\cos\varphi = 0,8$. Частота обертання дизельного двигуна складає 1500 об/хв, що відповідає стандартним вимогам до генераторних установок промислового призначення.

Генератор обладнаний електростартерною системою запуску та може працювати спільно з пристроєм автоматичного введення резерву. У випадку аварійного зникнення напруги зовнішньої мережі система автоматично запускає дизельний двигун та переводить живлення споживачів на резервне джерело. Після відновлення напруги основної мережі навантаження автоматично повертається на основне джерело живлення.

Для охолодження двигуна використовується рідинна система охолодження, що забезпечує стабільну роботу електростанції при тривалих навантаженнях. Як

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

паливо застосовується дизельне пальне, яке характеризується високою енергетичною ефективністю та доступністю.

Запропонована дизельна електростанція має достатній запас потужності для живлення систем вентиляції, освітлення, транспортерів видалення посліду, кормороздавального обладнання та інших відповідальних електроприймачів пташника на 20000 голів. Використання резервного джерела живлення дозволяє підвищити надійність електропостачання об'єкта, забезпечити безперервність технологічного процесу та мінімізувати ризики виникнення аварійних ситуацій у разі відключення зовнішньої електромережі.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РОБОТИ В ПТАШНИКУ

Експлуатація сучасного пташника на 20000 голів пов'язана з використанням електротехнічного обладнання, систем вентиляції, освітлення, автоматизованого керування мікрокліматом, транспортерів видалення посліду та іншого технологічного устаткування. У зв'язку з цим особливого значення набувають питання охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки та захисту навколишнього середовища.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами під час експлуатації пташника є:

- підвищена вологість та агресивне газове середовище (аміак, сірководень, вуглекислий газ);
- наявність рухомих частин технологічного обладнання;
- небезпека ураження електричним струмом;
- підвищений рівень пилу органічного походження;
- можливість виникнення пожеж через електрообладнання та накопичення горючих матеріалів;
- біологічні фактори, пов'язані з утриманням птиці.

Для забезпечення безпечних умов праці проєктом передбачено використання автоматизованих систем вентиляції та освітлення, захисного заземлення електроустановок, сучасних засобів пожежогасіння, системи аварійного відключення електроживлення, а також застосування засобів індивідуального захисту персоналу.

Особлива увага приділяється екологічній безпеці виробництва. Проєктом передбачено використання енергоефективного LED-освітлення, автоматичного регулювання роботи вентиляційного обладнання, механізованого видалення посліду та можливості його подальшої утилізації або використання як сировини для виробництва органічних добрив чи біогазу.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.1. Підбір кількості та розміщення первинних засобів пожежогасіння

Пташник на 20000 голів належить до виробничих об'єктів з підвищеною пожежною небезпекою через наявність електрообладнання, систем освітлення, вентиляції, кормороздавання, а також значної кількості горючих матеріалів органічного походження. Тому забезпечення об'єкта первинними засобами пожежогасіння є важливою складовою системи пожежної безпеки.

До первинних засобів пожежогасіння належать переносні та пересувні вогнегасники, пожежні щити, ящики з піском, пожежний інвентар, а також внутрішні пожежні крани. Їх призначення полягає в оперативній ліквідації загоряння на початковій стадії до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

У приміщеннях пташника можливе виникнення пожеж класу А (горіння твердих горючих матеріалів), класу В (горючі рідини) та класу Е (електроустановки, що перебувають під напругою). Для ліквідації таких загорянь доцільно використовувати порошкові та вуглекислотні вогнегасники.

Для захисту виробничих приміщень передбачається встановлення порошкових вогнегасників типу ВП-9, які є універсальними та придатними для гасіння пожеж класів А, В, С та Е. У приміщеннях електрощитових і пунктах керування технологічним обладнанням додатково встановлюються вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-5, що забезпечують безпечне гасіння електрообладнання без пошкодження його елементів.

Вогнегасники розміщуються у легкодоступних та добре видимих місцях поблизу евакуаційних виходів, електрощитових та основних технологічних зон. Відстань від будь-якої точки приміщення до найближчого вогнегасника не повинна перевищувати нормативних значень. Верхня частина переносного вогнегасника повинна розташовуватися на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги.

Для розміщення пожежного інвентарю на території об'єкта встановлюється пожежний щит типу ЩП-А, який комплектується пожежними відрами, лопатами, багром, ломом та ящиком із піском. Первинні засоби пожежогасіння повинні постійно перебувати у справному стані та проходити періодичний технічний огляд відповідно до вимог чинних нормативних документів.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

З метою підвищення рівня пожежної безпеки проєктом також передбачається встановлення автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами та системою оповіщення персоналу про виникнення пожежі. Використання сучасних засобів пожежогасіння та автоматичного виявлення загорянь дозволяє своєчасно локалізувати осередок пожежі та мінімізувати можливі матеріальні збитки.

4.2. Розробка і розрахунок заземлюючого пристрою

Для забезпечення електробезпеки персоналу та надійної роботи електрообладнання пташника необхідно передбачити систему захисного заземлення. В умовах підвищеної вологості, наявності струмопровідного пилу та агресивного середовища, характерного для птахівничих приміщень, вимоги до заземлювальних пристроїв є особливо важливими [5, 6, 11].

Відповідно до вимог ПУЕ та ДСТУ EN 60364 для електроустановок напругою до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 10 Ом.

Для пташника передбачається контур захисного заземлення, виконаний вертикальними сталевими електродами довжиною 3 м і діаметром 12 мм, які заглиблюються в ґрунт на глибину 0,8 м від поверхні землі. Питомий розрахунковий опір ґрунту для умов розташування об'єкта приймається $\rho = 240$ Ом·м, що відповідає чорноземним ґрунтам.

Опір одного вертикального заземлювача визначається за формулою:

$$R_{\text{ст}} = 0,366 \cdot \frac{\rho p}{l_{\text{ст}}} \left(\log \frac{2l}{d} + 0,5 \log \frac{4n + 3l}{4n - 1} \right) =$$

$$0,36 \frac{240}{3} \cdot \left(\log \frac{2 \cdot 3}{0,012} + 0,5 \log \frac{4 \cdot 2,3 + 9}{4 \cdot 2,3 - 1} \right) = 86,4 \text{ Ом.}$$

$$h = \frac{l}{2} + t = \frac{3}{2} + 0,8 = 2,3 \text{ м.}$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де $R_{\text{ст}}$ – опір одного стрижня, $R_{\text{ст}}=240 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ρ – питомий розрахунковий опір ґрунту (пташника розташований на чорноземі); d – діаметр стержня, $d=0,012 \text{ м}$; h – глибина закладання стержня, м; $L = 3 \text{ м}$ довжина стрижня.

З урахуванням сезонного коефіцієнта та коефіцієнта використання електродів орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою::

$$n = \frac{R_{\text{см}} - \eta}{R_{\text{а}} \cdot \eta};$$

орієнтовне визначення кількості стрижнів виконується за формулою:

$$n = \frac{R}{R_{\text{а}}} = \frac{86,4}{10} \approx 9.$$

Стрижні розташовані в ряд уздовж стіни пташника. Для знаходження коефіцієнта екранування, знайдемо відношення Q відстань між стрижнями ($d = 3 \text{ м}$) до довжини стрижня ($l = 3 \text{ м}$) $Q = 1$. По таблиці [20] при $Q = 1$, $\eta = 0,56$.

Для даного співвідношення коефіцієнт використання електродів приймається $\eta = 0,56$. З урахуванням коефіцієнта сезонності остаточно приймаємо кількість вертикальних електродів тоді:

$$n = \frac{86,4 \cdot 1,3}{10 \cdot 0,56} = 20,75.$$

Прийmemo $n = 21$ стрижень.

Стрижні з'єднаємо металевю смугою. Опір смуги $R_{\text{т}}$ визначимо за формулою:

$$K_{\text{т}} = 0,366 \frac{240}{63} \log \frac{2 \cdot 3 \cdot 969}{0,0005} = 10.$$

Довжина смуги 21, стрижнів 3 = 63м. Розміри: ширина $l = 0,01 \text{ м}$., Товщина $t = 0,005 \text{ м}$. Тоді:

$$K_{\text{т}} = 0,366 \frac{240}{63} \log \frac{2 \cdot 3 \cdot 969}{0,0005} = 10.$$

Коефіцієнт сезону $\eta = 1,6$ [20] екранування $\eta = 0,6$:

$$R_{\text{т}} = 10 \cdot \frac{1,6}{0,6} = 26,7 \text{ Ом}.$$

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

З урахуванням паралельного з'єднання стрижнів і смуги, загальний опір визначається за формулою [21]:

$$R = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{СТ}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{СТ}}} = \frac{26,7 \cdot 10}{36,7} = 7,3 \text{ Ом.}$$

Отримане значення не перевищує нормативно допустимого значення 10 Ом, тому спроектований заземлювальний пристрій забезпечує необхідний рівень електробезпеки та відповідає вимогам чинних нормативних документів.

Таким чином, прийнята система захисного заземлення гарантує безпечну експлуатацію електрообладнання пташника на 20000 голів та підвищує надійність роботи систем освітлення, вентиляції й автоматизації технологічних процесів.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ ПРИ УСТАНОВЦІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИК

Для оцінювання економічної доцільності впровадження енергозберігаючої системи освітлення необхідно визначити капітальні витрати на придбання, доставку та монтаж обладнання. До складу капітальних вкладень входять витрати на закупівлю світлодіодних світильників, програмованих пристроїв керування освітленням, розподільчих щитів, автоматичних вимикачів, контакторів та кабельно-провідникової продукції [8, 20, 24].

Розрахунок капітальних витрат виконано на основі обладнання, прийнятого в попередніх розділах проекту. Кошторисна вартість обладнання визначається з урахуванням транспортних та монтажних витрат, які приймаються в розмірі 10 % від вартості обладнання [14, 15].

Таблиця 5.1

Кошторисна вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість	Ціна за 1 шт., грн	Загальна вартість, грн
1	Програмоване реле часу Schneider Electric Acti9 ITA CCT15940	7	9500	66500
2	Світлодіодний світильник НАТО CORAX	224	2100	470400
3	Розподільча шафа Schneider Electric Kaedra	7	5500	38500
4	Автоматичний вимикач Schneider Electric Easy9	21	450	9450
5	Контактор Schneider Electric EasyPact TVS	7	1800	12600
6	Кабель ПВС 3×1,5 мм ²	600 м	35	21000
	Разом			618450

Витрати на доставку та монтаж обладнання приймаються у розмірі 10 % від вартості обладнання:

$$\text{Клон} = 0,1 \cdot 618450 = 61845 \text{ грн.}$$

					02.02 – БКР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата		

Загальна кошторисна вартість проєкту становить:

$$K_{\text{заг}} = 618450 + 61845 = 680295 \text{ грн.}$$

Річні амортизаційні відрахування при нормі амортизації 10 % складуть:

$$A = 680295 \cdot 0,1 = 68030 \text{ грн/рік.}$$

У проєкті передбачається встановлення 224 світлодіодних світильників, які розміщуються у семи проходах пташника по 32 світильники в кожному проході.

Загальна встановлена потужність світлодіодної системи освітлення визначається за формулою:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{л}} \cdot n_{\text{р}} \cdot n_{\text{с}} = 0,013 \cdot 6 \cdot 32 = 2,496 \approx 2,5 \text{ кВт.}$$

Для порівняння виконується оцінка встановленої потужності системи освітлення на базі ламп розжарювання аналогічного світлового потоку:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{л}} \cdot n_{\text{р}} \cdot n_{\text{с}} = 0,075 \cdot 6 \cdot 32 = 14,4 \text{ кВт.},$$

Результати розрахунків показують, що використання сучасних світлодіодних світильників дозволяє зменшити встановлену потужність освітлювальної установки майже у шість разів порівняно з традиційними джерелами світла.

Крім економії електроенергії, додатковий економічний ефект досягається завдяки:

- збільшенню строку служби джерел світла;
- скороченню витрат на обслуговування освітлювальної мережі;
- зменшенню кількості аварійних замін світильників;
- автоматизації режимів роботи освітлення;
- покращенню умов утримання птиці та підвищенню її продуктивності.

Термін окупності проєкту визначається як відношення капітальних вкладень до річної економії:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{заг}} / E_{\text{річ}}$$

де $K_{\text{заг}}$ – загальні капітальні вкладення, грн; $E_{\text{річ}}$ – річний економічний ефект від впровадження проєкту, грн.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		73

Таблиця 5.3

Таблиця розрахункових техніко-економічних показників

№	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Кількість світильників	шт.	224
2	Загальна встановлена потужність LED-освітлення	кВт	17,9
3	Загальна встановлена потужність ламп розжарювання	кВт	107,5
4	Зменшення встановленої потужності	%	83,3
5	Капітальні витрати	грн	680295
6	Амортизаційні відрахування	грн/рік	68030
7	Очікувана економія електроенергії	кВт·год/рік	≈110000
8	Очікувана економія коштів	грн/рік	≈850000
9	Термін окупності	років	0,8

Отримані результати свідчать про високу економічну ефективність впровадження енергозберігаючої системи освітлення в пташнику на 20000 голів. Використання сучасних світлодіодних світильників та автоматизованої системи керування освітленням дозволяє значно знизити витрати електроенергії, скоротити експлуатаційні витрати та забезпечити швидку окупність вкладених коштів.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		74

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі на тему «Проектні рішення з розроблення енергозберігаючого освітлення для пташника на 20000 голів» розроблено комплекс технічних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності системи освітлення та забезпечення оптимальних умов утримання птиці.

У першому розділі виконано аналіз існуючих систем освітлення пташників, розглянуто особливості світлових режимів для курей-несучок, вплив освітленості, спектрального складу світла та тривалості світлового дня на продуктивність птиці. Проведено порівняльний аналіз сучасних джерел світла та обґрунтовано доцільність використання світлодіодних світильників як найбільш енергоефективного та довговічного рішення.

У другому розділі розроблено систему освітлення пташника, виконано світлотехнічні розрахунки та визначено параметри освітлювальної установки. Обґрунтовано застосування світлодіодних світильників типу NATO CORAX та програмованої системи керування освітленням на базі обладнання Schneider Electric. Також розроблено рекомендований світловий режим для курей-несучок з урахуванням технологічних вимог сучасного птахівництва.

У третьому розділі виконано розрахунок електричних мереж живлення освітлення та технологічного обладнання пташника, здійснено вибір кабельно-провідникової продукції, комутаційно-захисної апаратури та розподільчих пристроїв. Проведено вибір резервного джерела електроживлення для забезпечення надійної роботи систем освітлення та вентиляції в аварійних режимах.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки. Виконано розрахунок захисного заземлення та обґрунтовано вибір первинних засобів пожежогасіння відповідно до вимог чинних нормативних документів.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		75

У п'ятому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованого проєкту. Загальна кошторисна вартість впровадження енергозберігаючої системи освітлення становить 680,3 тис. грн. Використання сучасних світлодіодних світильників дозволяє зменшити встановлену потужність системи освітлення приблизно на 83 % порівняно з традиційними джерелами світла та забезпечити річну економію електроенергії близько 110 тис. кВт·год.

Очікуваний економічний ефект від впровадження проєкту становить близько 850 тис. грн на рік, а розрахунковий термін окупності капітальних вкладень не перевищує 0,8 року.

Отримані результати підтверджують технічну та економічну доцільність впровадження запропонованої системи освітлення в пташнику на 20000 голів. Реалізація проєкту забезпечить зниження енергоспоживання, покращення умов утримання птиці, підвищення надійності роботи електротехнічного обладнання та зменшення експлуатаційних витрат підприємства.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бородай В.П., Сахацький М.І., Вертійчук А.І. та ін. Технологія виробництва продукції птахівництва. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 360 с.
2. Худолій В.А., Коломієць І.М., Бородай В.І. Технологія виробництва яєць та м'яса птиці. – Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 464 с.
3. Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Куценко Ю.М. та ін. Електричне освітлення та опромінення. – Харків: Планета-Прінт, 2016. – 332 с.
4. Кунденко М.П., Федюшко Ю.М., Плахтир О.О. та ін. Монтаж енергообладнання та систем керування. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 282 с.
5. Закірничний В.М., Гаркуша О.В., Степаненко О.С. Електромеханічні системи управління і приводи. – Київ: Техніка, 2011. – 536 с.
6. Голінько В.І. Основи охорони праці. – 2-ге вид. – Дніпро: НГУ, 2014. – 271 с.
7. Левченко О.Г. Охорона праці. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 343 с.
8. Андрійчук В.Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу. – Київ: КНЕУ, 2013. – 779 с.
9. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
10. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
11. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Видання 2017 року. – Харків: Форт, 2017.
12. ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць у приміщеннях.
13. ДСТУ EN 60598-1:2017. Світильники. Частина 1. Загальні вимоги та методи випробувань.
14. Schneider Electric. Acti9 Catalogue. 2024. Офіційний каталог продукції.
URL: <https://www.se.com>

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		77

15. Schneider Electric. Easy9 Modular Devices Catalogue. 2024. URL: <https://www.se.com>
16. Vostermans Ventilation. Multifan Agricultural Ventilation Solutions. 2024. URL: <https://www.vostermans.com>
17. Munters. Ventilation Systems for Poultry Production. 2024. URL: <https://www.munters.com>
18. Aviagen. Broiler Management Handbook. 2022. URL: <https://aviagen.com>
19. Hy-Line International. Lighting Programs for Commercial Layers. 2023. URL: <https://www.hyline.com>
20. European Commission. Energy Efficiency in Agriculture and Poultry Farming. 2021. URL: <https://energy.ec.europa.eu>
21. FAO. Poultry Development Review. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. URL: <https://www.fao.org>
22. Dugan R.C., McGranaghan M.F., Santoso S., Beaty H.W. Electrical Power Systems Quality. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill Education, 2012.
23. Rodriguez J., Ruiz F., Biel D., Guinjoan F. Distributed PV Generation in Low Voltage Networks Using MATLAB/Simulink. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2010.
24. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2024. Paris: IEA, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>
25. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume VI: Information Technology. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2022.

					02.02 – КР. 2607 „С” 26.10.30.009. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		78